

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-216455

(43)Date of publication of application : 04.08.2000

(51)Int.Cl.

H01L 43/08  
G01R 33/09  
G11B 5/39

(21)Application number : 11-015358

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

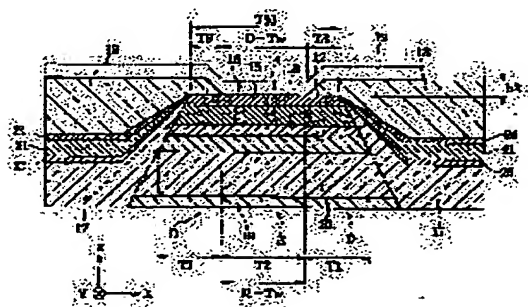
(22)Date of filing : 25.01.1999

(72)Inventor : SATO KIYOSHI

**(54) MAGNETIC RESISTNCE EFFECT ELEMENT****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic resistance effect element where an upper gap layer can be formed by reducing the current loss of sense current to a hard bias layer, preferentially making sense current flow to a sense area occupied in the center part of a multilayer film, improving reproduced output and securing appropriate insulating property.

**SOLUTION:** An intermediate layer 21 formed of an insulating material or a high resistance material having a resistance value higher than that of an electrode layer 18 is arranged between a hard bias layer 17 and the electrode layer 18. The electrode layer 18 is formed by extending it onto a multilayer film 16. Thus, sense current to the hard bias layer 17 can be suppressed and sense current can directly be made to flow from the electrode layer 18 to the multilayer film 16. Thus, reproduction sensitivity can be improved and reproduced output can be improved.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 19.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3330891

[Date of registration] 19.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

Best Available Copy

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

## [Claim(s)]

[Claim 1] An antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer to which it is formed in in contact with this antiferromagnetism layer, and the magnetization direction is fixed by exchange anisotropy magnetic field with said antiferromagnetism layer, Multilayers which have a free magnetic layer formed in said fixed magnetic layer through a nonmagnetic conductive layer, A bias layer of a pair which is formed in both sides of these multilayers and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In a magneto-resistive effect element of which a conductive layer of a pair formed on this bias layer is prepared, and consists between said hard bias layers and electrode layers It is the magneto-resistive effect element which an interlayer formed by high electrical resistance materials and/which have resistance higher than said electrode layer, or insulating material is prepared, and is characterized by moreover extending and forming said electrode layer even on said multilayers.

[Claim 2] It is the magneto-resistive effect element according to claim 1 by which the laminating of said multilayers was carried out from the bottom in order of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and a free magnetic layer, said antiferromagnetism layer is prolonged to a field of both sides of said each class formed on it, and the laminating of a bias layer, an interlayer, and an electrode layer of a pair is carried out through a metal membrane on an antiferromagnetism layer of this both-sides field.

[Claim 3] A free magnetic layer and a nonmagnetic conductive layer in which said free magnetic layer was formed up and down, A fixed magnetic layer to which it is formed on one nonmagnetic conductive layer and in the bottom of a nonmagnetic conductive layer of another side, and the magnetization direction is being fixed, Multilayers which have an antiferromagnetism layer formed on one fixed magnetic layer and in the bottom of a fixed magnetic layer of another side, A bias layer of a pair which is formed in both sides of said multilayers and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In a magneto-resistive effect element of which a conductive layer of a pair formed on this bias layer is prepared, and consists between said hard bias layers and electrode layers It is the magneto-resistive effect element which an interlayer formed by high electrical resistance materials and/which have resistance higher than said electrode layer, or insulating material is prepared, and is characterized by moreover extending and forming said electrode layer even on said multilayers.

[Claim 4] Said antiferromagnetism layer is a magneto-resistive effect element according to claim 1 to 3 currently formed with a PtMn alloy.

[Claim 5] Said antiferromagnetism layer is a magnetic-reluctance effect element according to claim 1 to 3 currently formed with a X-Mn (however, X is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru) alloy.

[Claim 6] Said antiferromagnetism layer is a magneto-resistive effect element according to claim 1 to 3 currently formed with a Pt-Mn-X' (however, X' is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag) alloy.

[Claim 7] In a magneto-resistive effect element which has multilayers which have a magneto-

resistive effect layer piled up through a non-magnetic layer, and a soft magnetism layer, a bias layer of a pair formed in both sides of these multilayers, and an electrode layer of a pair formed on this bias layer, and changes It is the magneto-resistive effect element which an interlayer formed by high electrical resistance materials and/which have resistance higher than said electrode layer, or insulating material is prepared between said hard bias layers and electrode layers, and is characterized by moreover extending and forming said electrode layer even on said multilayers.

[Claim 8] A magneto-resistive effect element according to claim 1 to 7 from which any one sort or two sorts or more in TaSiO<sub>2</sub>, TaSi, CrSiO<sub>2</sub>, CrSi, and WSi, WSiO<sub>2</sub>, TiN and TaN are chosen as high electrical resistance materials which constitute an interlayer formed between said hard bias layers and electrode layers.

[Claim 9] A magneto-resistive effect element according to claim 1 to 7 from which any one sort or two sorts or more in aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and Ti 2O<sub>3</sub>, TiO, WO and AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub> C and SiC, and SiAlON are chosen as an insulating material which constitutes an interlayer formed between said hard bias layers and electrode layers.

[Claim 10] It is the magneto-resistive effect element according to claim 1 to 9 which said multilayers excel [ element ] in playback sensitivity and consists of a sensitivity field for a center section which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially, and an insensible field where it is formed in both sides of said sensitivity field, and playback sensitivity cannot demonstrate a magneto-resistive effect substantially bad, and said electrode layer is extended even on said insensible field, and is formed.

[Claim 11] A sensitivity field of said multilayers a magneto-resistive effect element by which an electrode layer was formed only in both sides of multilayers When it is made to scan in the truck cross direction on a minute truck with which a certain signal was recorded It is the magneto-resistive effect element according to claim 10 which is defined as a field where 50% or more of output of the maximum output was obtained among obtained playback outputs, and is defined as a field where insensible fields of said multilayers are the both sides of said sensitivity field, and an output turns into 50% or less of the maximum output.

[Claim 12] Optical width-of-recording-track size O-Tw is a magneto-resistive effect element according to claim 10 or 11 formed with the same width-of-face size as said sensitivity field.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the so-called spin bulb mold thin film from which electric resistance changes by the relation between the direction of magnetization of for example, a fixed magnetic layer (pin (Pinned) magnetic layer), and the direction of the magnetization of a free (Free) magnetic layer influenced of an external magnetic field, especially stops splitting to the hard bias layer of sense current, and relates to the magneto-resistive effect element which can pass sense current from an electrode layer directly to multilayers.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 12 is the cross section which looked at the conventional structure of a magneto-resistive effect element from the ABS side. The magneto-resistive effect element shown in drawing 12 is called the spin bulb mold thin film which is one sort using giant magneto-resistance of a GMR (giant magnetoresistive) element, and detects the record magnetic field from record media, such as a hard disk.

[0003] The multilayers 9 by which this spin bulb mold thin film was constituted from the bottom by the substrate layer 6, the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer (pin (Pinned) magnetic layer) 2, the nonmagnetic conductive layer 3, the free magnetic layer (Free) 4, and the protective layer 7, It consists of hard bias layers 5 and 5 of the pair formed in the both sides of these multilayers 9, and electrode layers 8 and 8 of the pair formed on these hard bias layers 5 and 5. In addition, the substrate layer 6 and the protective layer 7 are formed by Ta (tantalum) film etc. Moreover, the width of recording track Tw (called optical width-of-recording-track O-Tw) is determined with the width-of-face size of the upper surface of these multilayers 9.

[0004] Generally Ta or Cr film is used for said antiferromagnetism layer 1 in a Co-Pt (cobalt-platinum) alloy film and the electrode layers 8 and 8 by Cu (copper) film and the hard bias layers 5 and 5 at a nickel-Fe (nickel-iron) alloy film and the nonmagnetic conductive layer 3 at a Fe-Mn (iron-manganese) alloy film, a nickel-Mn (nickel-manganese) alloy film, the fixed magnetic layer 2, and the free magnetic layer 4.

[0005] As shown in drawing 12, magnetization of the fixed magnetic layer 2 is single-domain-ized by the exchange anisotropy magnetic field with the antiferromagnetism layer 1 in the direction (the direction of a leakage magnetic field from a record medium; the height direction) of Y, and magnetization of the free magnetic layer 4 is arranged in the direction of X in response to the effect of the bias magnetic field from said hard bias layers 5 and 5. That is, magnetization of the fixed magnetic layer 2 and magnetization of the free magnetic layer 4 are set up so that it may intersect perpendicularly.

[0006] In this spin bulb mold thin film, detection current (sense current) is given into multilayers 9 from the hard bias layer 5 and the electrode layers 8 and 8 formed on five. The transit direction of record media, such as a hard disk, is a Z direction, and if the leak magnetic field from a record medium is given in the direction of Y, magnetization of the free magnetic layer 4 will change from X towards the direction of Y. Electric resistance changes by the relation between fluctuation of the direction of magnetization within this free magnetic layer 4, and the fixed

magnetization direction of the fixed magnetic layer 2 (this is called magneto-resistive effect), and the leak magnetic field from a record medium is detected by the voltage change based on this electric resistance value change.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the following troubles occur with the structure of the conventional magneto-resistive effect element shown in drawing 12. With the magneto-resistive effect element shown in drawing 12, since the electrode layers 8 and 8 will be in an energization condition directly to multilayers 9, the sense current from said electrode layers 8 and 8 once flows in the hard bias layers 5 and 5, and sense current is easy to flow to multilayers 9 from said hard bias layers 5 and 5.

[0008] That is, since the sense current from said electrode layers 8 and 8 flowed to multilayers 9 through the hard bias layers 5 and 5, its rate of sense current of flowing to said multilayers 9 decreased, therefore its playback sensitivity became blunt, and it had the problem that a playback output declined.

[0009] magnetization of the fixed magnetic layer 2 which furthermore constitutes multilayers 9 was mentioned above — as — the direction of illustration Y — a single domain — are-izing, and although fixed, the hard bias layers 5 and 5 magnetized in the direction of X are formed in the both sides of said fixed magnetic layer 2. Therefore, especially, magnetization of the both ends of the fixed magnetic layer 2 is influenced of the bias magnetic field from said hard bias layers 5 and 5, and is no longer fixed in the direction of illustration Y.

[0010] That is, in response to magnetization of the direction of X of said hard bias layers 5 and 5, magnetization of the free magnetic layer 4 single-domain-ized in the direction of X and especially magnetization of the fixed magnetic layer 2 are not in orthogonality relation near the side edge section of multilayers 9. The reason for setting magnetization of the free magnetic layer 4 and magnetization of the fixed magnetic layer 2 as orthogonality relation is because also as for a small external magnetic field magnetization of the free magnetic layer 4 is strange seal-of-approval ability easily, can change electric resistance a lot and can raise playback sensitivity. When it is furthermore in said orthogonality relation, it is because it becomes possible to acquire the output wave which has good symmetric property.

[0011] And among the free magnetic layers 4, since it is influenced of the strong magnetization from the hard bias layers 5 and 5, it is easy to be fixed, to the external magnetic field, magnetization cannot be changed easily, the magnetization in near [ the ] the side edge section has become, and as shown in drawing 12, the insensible field D where playback sensitivity is bad is formed near the side edge section of multilayers 9.

[0012] Among multilayers 9, the field for a center section except an insensible field D contributes to playback of a record magnetic field substantially, it is the sensitivity field E which demonstrates a magneto-resistive effect, and the width of face of this sensitivity field E is short by the width-of-face size of an insensible field D rather than the width of recording track Tw set up at the time of formation of multilayers 9.

[0013] Thus, the insensible field D which hardly contributes to a playback output had to be formed near [ that ] both sides at the multilayers 9 of a magneto-resistive effect element, and this insensible field D could not but be a field which only raises a direct-current-resistance value (DCR).

[0014] With the structure of the conventional magneto-resistive effect element shown in drawing 12, the amount of the sense current which flows by existence of an insensible field D to the sensitivity field E which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially results in decreasing sharply. Therefore, since said sense current of an effective dose cannot be passed to the sensitivity field E, it has the structure where a playback output tends [ further ] to decline with the rise of direct current resistance. It is thought that the problem of a fall of the playback output by existence of this insensible field D is further made remarkable with the future formation of a \*\* truck.

[0015] Then, like the magneto-resistive effect element shown in drawing 13, if the electrode layers 10 and 10 are made to overlap on multilayers 9, said electrode layer 10 and multilayers 9 will change into an energization condition, and it will be thought that it becomes possible to pass

sense current effective in multilayers 9 from said electrode layer 10 therefore.

[0016] In this case, in order to pass sense current from the electrode layer 10 effectively to multilayers 9, thickness  $h_1$  of the electrode layer 10 on said multilayers 9 which made thickness of said electrode layer 10 thicker than before, especially are in contact with multilayers 9 must be thickened, and the direct-current-resistance value of said electrode layer 10 must be reduced.

[0017] It is because it is the rise of the direct-current-resistance value of said electrode layer 10 if the contact thickness  $h_1$  to the multilayers 9 of said electrode layer 10 is thin, so it becomes easy to shunt the sense current from said electrode layer 10 toward the hard bias layer 5 and the fall of a playback output poses a problem as usual after all.

[0018] As mentioned above, if said electrode layer 10 is made to overlap on multilayers 9 and contact thickness  $h_1$  to the multilayers 9 of said electrode layer 10 is thickened, splitting of the sense current to the hard bias layer 5 can be controlled, and it will be thought that it becomes possible to pass sense current from said electrode layer 10 effectively to multilayers 9.

[0019] However, since a big level difference will be formed between said electrode layer 10 upper surface and the multilayers 9 upper surface if said electrode layer 10 projects and is formed by thickness  $h_1$  from the multilayers 9 upper surface as shown in drawing 13, in case the up gap layer 11 made from an insulating material is formed on multilayers 9 from on said electrode layer 10, said up gap layer 11 has bad step coverage, and a film piece generates it in the level difference section. Therefore, the problem that the insulation in the up gap layer 11 is not fully securable occurs.

[0020] It aims at offering the magneto-resistive effect element which this invention is for solving the above-mentioned conventional technical problem, and enables improvement in a playback output as can pass with the priority to the sensitivity field which enables it to reduce the current loss of the sense current to a hard bias layer especially, and occupies sense current to a part for the center section of multilayers, moreover secures suitable insulation, and can form an up gap layer.

[0021]

[Means for Solving the Problem] A fixed magnetic layer to which this invention is formed in in contact with an antiferromagnetism layer and this antiferromagnetism layer, and the magnetization direction is fixed by exchange anisotropy magnetic field with said antiferromagnetism layer, Multilayers which have a free magnetic layer formed in said fixed magnetic layer through a nonmagnetic conductive layer, A bias layer of a pair which is formed in both sides of these multilayers and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In a magneto-resistive effect element of which a conductive layer of a pair formed on this bias layer is prepared, and consists between said hard bias layers and electrode layers An interlayer formed by high electrical resistance materials and/which have resistance higher than said electrode layer, or insulating material is prepared, and, moreover, said electrode layer is characterized by extending and being formed even on said multilayers.

[0022] In this invention, the laminating of said multilayers was carried out from the bottom in order of an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and a free magnetic layer, said antiferromagnetism layer is prolonged to a field of both sides of said each class formed on it, and it is desirable that the laminating of a bias layer, an interlayer, and an electrode layer of a pair is carried out through a metal membrane on an antiferromagnetism layer of this both-sides field.

[0023] Moreover, a nonmagnetic conductive layer in which, as for this invention, a free magnetic layer and said free magnetic layer were formed up and down, A fixed magnetic layer to which it is formed on one nonmagnetic conductive layer and in the bottom of a nonmagnetic conductive layer of another side, and the magnetization direction is being fixed, Multilayers which have an antiferromagnetism layer formed on one fixed magnetic layer and in the bottom of a fixed magnetic layer of another side, A bias layer of a pair which is formed in both sides of said multilayers and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, In a magneto-

resistive effect element of which a conductive layer of a pair formed on this bias layer is prepared, and consists between said hard bias layers and electrode layers An interlayer formed by high electrical resistance materials and/which have resistance higher than said electrode layer, or insulating material is prepared, and, moreover, said electrode layer is characterized by extending and being formed even on said multilayers.

[0024] As for said antiferromagnetism layer, being formed with a PtMn alloy is desirable, or it may be formed with an X-Mn (however, X is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru) alloy, and a Pt-Mn-X' (however, X' is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag) alloy.

[0025] Multilayers which furthermore have a magneto-resistive effect layer which piled up this invention through a non-magnetic layer, and a soft magnetism layer, In a magneto-resistive effect element which has a bias layer of a pair formed in both sides of these multilayers, and an electrode layer of a pair formed on this bias layer, and changes Between said hard bias layers and electrode layers, an interlayer formed by high electrical resistance materials and/which have resistance higher than said electrode layer, or insulating material is prepared, and, moreover, said electrode layer is characterized by extending and being formed even on said multilayers.

[0026] It is desirable that any one sort or two sorts or more in TaSiO<sub>2</sub>, TaSi, CrSiO<sub>2</sub>, CrSi, and WSi, WSiO<sub>2</sub>, TiN and TaN are chosen as high electrical resistance materials which constitute an interlayer formed between said hard bias layers and electrode layers from this invention.

[0027] Moreover, it is desirable that any one sort or two sorts or more in aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and Ti 2O<sub>3</sub>, TiO, WO and AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub> C and SiC, and SiAlON are chosen as an insulating material which constitutes an interlayer formed between said hard bias layers and electrode layers from this invention.

[0028] Said multilayers are excellent in playback sensitivity, it consists of this inventions in a sensitivity field for a center section which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially, and an insensible field where it is formed in both sides of said sensitivity field, and playback sensitivity cannot demonstrate a magneto-resistive effect substantially bad, and, as for said electrode layer, it is still more desirable to extend and to be formed even on said insensible field.

[0029] In this invention, a sensitivity field of said multilayers a magneto-resistive effect element by which an electrode layer was formed only in both sides of multilayers When it is made to scan in the truck cross direction on a minute truck with which a certain signal was recorded It defines as a field where 50% or more of output of the maximum output was obtained among obtained playback outputs, and insensible fields of said multilayers are the both sides of said sensitivity field, and are defined as a field where an output turns into 50% or less of the maximum output. For example, optical width-of-recording-track size O-Tw is formed with the same width-of-face size as said sensitivity field.

[0030] In this invention, at the same time it controls splitting to a hard bias layer of sense current It sets to form an up gap layer on a magneto-resistive effect element, so that sufficient insulation can be secured to one of the purposes. There in this invention The middle class of an insulating material or high electrical resistance materials which has resistance higher than said electrode layer was formed between a hard bias layer and an electrode layer, and, moreover, said electrode layer was made to overlap even on multilayers.

[0031] By making the middle class, such as an insulating material, intervene between a hard bias layer and an electrode layer, since splitting (current loss) to a hard bias layer of sense current can be reduced and said electrode layer is moreover made to overlap on multilayers, said electrode layer and multilayers change into an energization condition on said multilayers, and sense current from said electrode layer can be directly passed to multilayers.

[0032] Although the electrode layer 10 is made to overlap on multilayers 9 also in the case of a magneto-resistive effect element shown in drawing 13 In the case of drawing 13 , between the electrode layer 10 and the hard bias layer 5 Since an interlayer is not formed, in order to pass sense current from said electrode layer 10 effectively to multilayers 9 like this invention It is necessary to thicken contact thickness h1 to the multilayers 9 of said electrode layer 10, to reduce direct current resistance of said electrode layer 10, and to stop splitting to the hard bias



layer 5 of sense current. In this case, a rapid level difference occurs, between said electrode layer 10 upper surface and the multilayers 9 upper surface, the up gap layer 11 formed on multilayers 9 from on said electrode layer 10 of this level difference has bad step coverage, a film piece is generated in it, and it becomes very difficult to secure sufficient insulation between.

[0033] On the other hand, in this invention, as mentioned above through an interlayer formed by an insulating material etc. between a hard bias layer and an electrode layer Even if it makes thin contact thickness to multilayers of said electrode layer compared with a case where are hard to shunt sense current from said electrode layer to a hard bias layer regardless of thickness of an electrode layer, therefore it is shown in drawing 13 , sense current can be effectively passed from an electrode layer to multilayers. Therefore, it is possible to make thin contact thickness to multilayers of an electrode layer, and to be able to make small level difference height formed between said electrode layer upper surfaces and multilayers upper surfaces in this invention, therefore to be able to improve step coverage of an up gap layer formed on multilayers from on said electrode layer, applying, and to secure sufficient insulation.

[0034] By the way, these whole multilayers do not demonstrate a magneto-resistive effect, but multilayers which constitute a GMR element and the AMR element excel [ field / that / central ] in playback sensitivity, and only this central field is a field which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially. Although it is the both sides of a sensitivity field, and a call and said sensitivity field about a field of multilayers excellent in this playback sensitivity and a field where playback sensitivity is bad is called an insensible field, a sensitivity field and an insensible field which are occupied to multilayers are measured by the micro truck profile method. Hereafter, it explains, referring to drawing 11 about the micro truck profile method.

[0035] The conventional magneto-resistive effect element (refer to drawing 12 ) which has multilayers which demonstrate a magneto-resistive effect as shown in drawing 11 , a hard bias layer formed in those both sides, and an electrode layer formed on this hard bias layer is formed on a substrate. Said electrode layer has structure formed only in both sides of multilayers.

[0036] Next, width-of-face dimension a of the upper surface of multilayers which an electrode layer covers and have not hung with an optical microscope is measured. This width-of-face dimension a is defined as the width of recording track Tw (henceforth optical width-of-recording-track size O-Tw) measured by optical means.

[0037] And record a certain signal by minute truck on a record medium, a magneto-resistive effect element is made to scan crosswise [ truck ] on a minute truck, and relation between width-of-face dimension a of multilayers and a playback output is measured. Or a record-medium side with which a minute truck was formed may be made to scan crosswise [ truck ] on a magneto-resistive effect element, and relation between width-of-face dimension a of multilayers and a playback output may be measured. The measurement result is shown in the drawing 11 bottom.

[0038] When this measurement result is seen, near the center of multilayers, a playback output becomes high and it turns out near the flank of said multilayers that a playback output becomes low. Although a magneto-resistive effect is demonstrated good and it participates in a regenerative function near the center of multilayers from this result, near [ that ] a flank, a magneto-resistive effect gets worse and it can be said that a playback output is low and a regenerative function is falling.

[0039] In this invention, a field formed with the width-of-face size B on the upper surface of multilayers which 50% or more of playback output generates to the maximum playback output was defined as a sensitivity field, and a field formed by having the width-of-face size C on the upper surface of multilayers which cannot generate only 50% or less of playback output to the maximum playback output was defined as an insensible field by it.

[0040] Thus, multilayers are setting to one of the purposes to pass sense current with the priority to a sensitivity field which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially by this invention in consideration of consisting of a sensitivity field and an insensible field. So, in this invention, it was presupposed that an electrode layer made to overlap on multilayers is extended on an insensible field.

[0041] If an electrode layer is extended and formed even on an insensible field, an insensible field is avoided, it is possible to pass sense current with the priority to a sensitivity field, and a playback output can be raised more. However, even on a sensitivity field, said electrode layer must not be extended and must not be formed. It is because it leads to a fall of noise generating and a playback output so that it may mention later.

[0042]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the cross section which looked at the structure of the magneto-resistive effect element of the 1st operation gestalt of this invention from the ABS side side. In addition, drawing 1 fractures and shows only a part for the center section of the element prolonged in the direction of X. This magneto-resistive effect element is a kind of a GMR (giant magnetoresistive) element which is called a spin bulb mold thin film and used giant magneto-resistance. This spin bulb mold thin film is prepared in the trailing side edge section of the surfacing type slider formed in the hard disk drive unit etc., and detects record magnetic fields, such as a hard disk. In addition, the migration direction of magnetic-recording data medium, such as a hard disk, is a Z direction, and the direction of the leak magnetic field from magnetic-recording data medium is the direction of Y.

[0043] The substrate layer 19 formed by non-magnetic materials, such as Ta (tantalum), is formed in the bottom of drawing 1. The laminating of the antiferromagnetism layer 20, the fixed magnetic layer 12, the nonmagnetic conductive layer 13, and the free magnetic layer 14 is carried out on this substrate layer 19. And the protective layers 15, such as Ta (tantalum), are formed on said free magnetic layer 14. Multilayers 16 are constituted by each class from said substrate layer 19 to a protective layer 15. As shown in drawing 1, the width-of-face size of the upper surface of said multilayers 16 is formed by T30.

[0044] By forming said fixed magnetic layer 12 in contact with the antiferromagnetism layer 20, and giving annealing in a magnetic field, the exchange anisotropy magnetic field by switched connection arises in the interface of said antiferromagnetism layer 20 and fixed magnetic layer 12, and magnetization of said fixed magnetic layer 12 is fixed in the direction of illustration Y.

[0045] In this invention, said antiferromagnetism layer 20 is formed with the Pt-Mn (platinum-manganese) alloy film. The Pt-Mn alloy film has the property which is excellent in corrosion resistance compared with a Fe-Mn alloy film, a nickel-Mn alloy film, etc. which are used as an antiferromagnetism layer from the former, and was excellent as an antiferromagnetism material - blocking temperature is also high and an exchange anisotropy magnetic field (Hex) is still larger.

[0046] Moreover, it replaces with said Pt-Mn alloy, and it is X-Mn (however, X is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru), or may be formed by Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag).

[0047] Said fixed magnetic layer 12 and free magnetic layer 14 are formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Fe-Co (iron-cobalt) alloy, the Fe-Co-nickel alloy, etc., and said nonmagnetic conductive layer 13 is formed with the nonmagnetic electrical conducting material with low electric resistance, such as Cu (copper).

[0048] As shown in drawing 1, the hard bias layers 17 and 17 are formed in the both sides of the multilayers 16 from the substrate layer 19 to a protective layer 15, and these hard bias layers 17 and 17 are formed in them with for example, the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc.

[0049] Said hard bias layers 17 and 17 are magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction), and magnetization of said free magnetic layer 14 is arranged in the direction of illustration X by the bias magnetic field to the direction of X from said hard bias layers 17 and 17.

[0050] Furthermore on said hard bias layer 17 and 17, the interlayer 21 to whom it was formed in by the high electrical resistance materials or the insulating material which has resistance higher than the resistance of the electrode layer 18 later mentioned through the non-magnetic material layers 23, such as Ta, or the laminating of said high electrical resistance materials and insulating material was carried out is formed. When an oxide or Si compound was used, made it more desirable for said non-magnetic material layer 23 to intervene between the hard bias layer 17

and the electrode layer 18 as an interlayer 21. It is because it will be easy to produce diffusion between the hard bias layer 17 formed, for example by CoPt, and the interlayer 21 formed using the oxide or Si compound if there is no non-magnetic material layer 23. However, since the above diffusion cannot take place easily as an interlayer 21 when N compound is used, it is not necessary to make said non-magnetic material layer 23 intervene.

[0051] It is desirable that any one sort of monolayers, two or more sorts of mixed films, or a cascade screen is chosen as the high electrical resistance materials which constitute said interlayer 21 from this invention among TaSiO<sub>2</sub>, TaSi, CrSiO<sub>2</sub>, CrSi, and WSi, WSiO<sub>2</sub>, TiN and TaN.

[0052] Moreover, it is desirable that any one sort of monolayers, two or more sorts of mixed films, or a cascade screen is chosen as the insulating material which constitutes said interlayer 21 from this invention among aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and Ti 2O<sub>3</sub>, TiO, WO and AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub>C and SiC, and SiAlON.

[0053] And as shown in drawing 1, on said interlayer 21, the electrode layer 18 is formed through the non-magnetic material layers 24 and 24, such as Ta, and said electrode layer 18 is extended and formed even on multilayers 16 in this invention. It may be desirable to use the non-magnetic material layer 24, when an oxide or Si compound is used as an interlayer 21, as explained above also in this case, when N compound is used as an interlayer 21, it may not use, using the non-magnetic material layer 24, or whichever is sufficient.

[0054] Since said electrode layer 18 is extended and formed even on multilayers 16 in this invention, energization connection has been made by said electrode layer 18 and multilayers 16 on multilayers 16. Said electrode layer 18 is formed by Ta (tantalum), Cr (chromium), etc.

[0055] Thus, since the middle class 21 who consisted of this inventions by the high electrical resistance materials and/which have resistance higher than said electrode layer 18 between the hard bias layer 17 and the electrode layer 18, or the insulating material is formed, it is hard to flow to the hard bias layer 17, and the sense current from said electrode layer 18 can reduce splitting of the sense current to said hard bias layer 17.

[0056] Since said electrode layer 18 is extended and formed even on multilayers 16 in this invention, and the sense current from said electrode layer 18 It is possible to come to flow to multilayers 16 directly from the electrode layer 18 formed in contact with the multilayers 16 top, and for playback sensitivity to raise raising and a playback output by the existence of the middle class 21 mentioned above, compared with the former, without minding the hard bias layer 17.

[0057] Moreover, as for the improvement in a playback output, the sense current from said electrode layer 18 is mentioned as one of the causes by the thing of multilayers 16 for which it mainly becomes easy to flow to the nonmagnetic conductive layer 13, and a big magneto-resistive effect can be demonstrated.

[0058] A magneto-resistive effect is demonstrated by three layers, the fixed magnetic layer 12, the nonmagnetic conductive layer 13, and the free magnetic layer 14. The fixed magnetization of the magnetization of said fixed magnetic layer 12 is carried out in the direction of illustration Y, and magnetization of the free magnetic layer 14 is arranged crosswise [ truck ] (the direction of illustration X), and can be freely changed to an external magnetic field. When magnetization of the free magnetic layer 14 is changed to an external magnetic field and sense current is further passed by the nonmagnetic conductive layer 13 The electron which is going to move to the layer of another side starts dispersion from layer of one of the two among the free magnetic layer 14 and the fixed magnetic layer 12 by the interface of the nonmagnetic conductive layer 13 and the fixed magnetic layer 12, or the interface of the nonmagnetic conductive layer 13 and the free magnetic layer 14. Electric resistance changes and the voltage change based on this electric resistance enables it to obtain a playback output.

[0059] In this invention, as shown in drawing 1, the electrode layer 18 is extended and formed even on multilayers 16, and sense current flows from the electrode layer 18 on said multilayers 16 directly to multilayers 16. Therefore, although said sense current flows also to the free magnetic layer 12 which is the upper layer of the nonmagnetic conductive layer 13 among multilayers 16, it is especially mainly easy to flow to the small nonmagnetic conductive layer 13 of resistance.

[0060] On the other hand, with the conventional magneto-resistive effect element shown, for example in drawing 12, the sense current from the electrode layer 8 flows [ of multilayers 9 ] into said multilayers 9 from the side through the hard bias layer 5 (the direction of illustration X). Said sense current shunts that it is such structure not only toward the nonmagnetic conductive layer 3 but toward the antiferromagnetism layer 1, the fixed magnetic layer 2, and the free magnetic layer 4, respectively, and the amount of the sense current which flows to the nonmagnetic conductive layer 3 substantially brings a falling result.

[0061] Therefore, with the structure of the magneto-resistive effect element in this invention, since sense current can be passed especially to the nonmagnetic conductive layer 13 compared with the structure of the magneto-resistive effect element in the former, a big magneto-resistive effect can be demonstrated and it leads to improvement in a playback output.

[0062] Moreover, even if it makes thin contact thickness  $h_2$  of the electrode layer 18 formed especially in contact with a multilayers 16 top by having formed the interlayer 21 in this invention, it is hard to shunt to the hard bias layer 17, and the sense current from said electrode layer 18 can pass sense current from said electrode layer 18 directly to multilayers 16.

[0063] Thus, since the contact thickness  $h_2$  of the electrode layer 18 formed in contact with a multilayers 16 top can be thinly formed in this invention, the level difference between said electrode layer 18 upper surface and the multilayers 16 upper surface is small, therefore it is possible to raise the step coverage of the up gap layer 79 formed on multilayers 16 from on said electrode layer 18, applying, to be able to form without generating of a film piece, and to secure sufficient insulation.

[0064] By the way, that is not right if it says where I may extend and form the electrode layer 18 on multilayers 16. As shown in drawing 1, the field of the width-of-face size T2 located in the center of multilayers 16 is the sensitivity field E, it is the both sides and the fields of the width-of-face size T1 are insensible fields D and D.

[0065] In said sensitivity field E, magnetization of the fixed magnetic layer 12 is fixed in the direction of illustration Y proper, moreover, magnetization of the free magnetic layer 14 is arranged in the direction of illustration X proper, and orthogonality relation has magnetization of the fixed magnetic layer 11 and the free magnetic layer 14. And in this sensitivity field E, magnetization of said free magnetic layer 14 is changed with sufficient sensitivity to the external magnetic field from a record medium, namely, said sensitivity field E is the portion which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially.

[0066] On the other hand, in the insensible fields D and D located in the both sides of said sensitivity field E, magnetization of the fixed magnetic layer 12 and the free magnetic layer 14 is strongly influenced [ of magnetization ] from the hard bias layer 17, and magnetization of said free magnetic layer 14 has stopped being able to change easily to the external magnetic field. That is, an insensible field D has a weak magneto-resistive effect, and is a field to which the regenerative function fell.

[0067] In this invention, the width-of-face size T2 of the sensitivity field E in multilayers 16 and the width-of-face size of insensible fields D and D are measured by the micro truck profile method (refer to drawing 11) mentioned above.

[0068] In this invention, as shown in drawing 1, the electrode layer 18 is extended and formed with the width-of-face size of T3 even on the insensible field D of said multilayers 16. Moreover, the width-of-face size of the upper surface of the multilayers 16 which are not covered with said electrode layer 18 is defined as optical width-of-recording-track size O-Tw (Optical read track width) measured with optical means.

[0069] Moreover, the width-of-face size T2 of the sensitivity field E where the upper surface is not covered with the electrode layer 18 functions as the width of recording track substantially, and this width-of-face size T2 is defined as magnetic width-of-recording-track size M-Tw (Magnetic read track width). In the example shown in drawing 1, optical width-of-recording-track size O-Tw, magnetic width-of-recording-track size M-Tw, and the width-of-face size T2 of the sensitivity field E serve as the almost same size value altogether.

[0070] Thus, in this invention, the electrode layer 18 overlapped on multilayers 16 is extended and formed on the insensible field D. Therefore, an insensible field D is avoided, it becomes easy

to flow with the priority to the sensitivity field E which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially, and the sense current from said electrode layer 18 can aim at improvement in the further playback output.

[0071] If it is when the width-of-face size T2 (= magnetic width-of-recording-track size M-Tw) of optical width-of-recording-track size O-Tw and the sensitivity field E is especially formed with the same width-of-face size, it sink-comes to be easy of sense current suitable for the sensitivity field E, and improvement in reproducing characteristics can be aimed at further.

[0072] In addition, although the electrode layer 18 covers an insensible field D top completely and is formed in the example shown in drawing 1, said electrode layer 18 does not need to cover insensible fields D and D completely, and said a part of insensible field D may expose it. In this case, the width of face of optical width-of-recording-track O-Tw becomes larger than the width-of-face size T2 (= magnetic width-of-recording-track M-Tw) of the sensitivity field E. However, even on the sensitivity field D, the electrode layers 18 and 18 which are extended and are formed on multilayers 16 must not be extended, and must not be formed.

[0073] From the electrode layer 18 which was extended by the upper surface of multilayers 16 and formed in it Since sense current mainly flows from the tip, when the electrode layer 18 is formed also for also until on the sensitivity field E which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially as mentioned above The electrode layer 18 leads [ sense current cannot flow easily to the sensitivity field E of a portion over which it covered and hung, will kill to it a part of sensitivity field E which can demonstrate a magneto-resistive effect good with much trouble, and ] to it to generating of a noise, and the fall of a playback output and is not desirable.

[0074] The multilayers 22 of the spin bulb mold thin film shown in drawing 2 make reverse sequence of the laminating of the multilayers 16 of the spin bulb mold thin film shown in drawing 1. That is, in drawing 2, on the substrate layer 19, the free magnetic layer 14, the nonmagnetic conductive layer 13, the fixed magnetic layer 12, and the antiferromagnetism layer 20 continue, and the laminating is carried out.

[0075] In this example, since the free magnetic layer 14 of multilayers 22 shown in drawing 2 is caudad formed rather than the antiferromagnetism layer 20, the thick portion of the thickness of the hard bias layers 17 and 17 is adjoined, therefore magnetization of said free magnetic layer 14 is easily arranged in the direction of X. Thereby, generating of a Barkhausen noise can be reduced.

[0076] And also in this example, the middle class 21 formed between said hard bias layers 17 and electrode layers 18 by the high electrical resistance materials or the insulating material which has resistance higher than said electrode layer 18 was formed, and splitting of the sense current to the hard bias layer 17 is controlled. In addition, the non-magnetic material layers 23 and 24 formed by Ta etc. may be formed in said interlayer's 21 upper and lower sides like drawing 1.

[0077] Moreover, said electrode layer 18 is extended and formed even on multilayers 22, and said electrode layer 18 is specifically extended and formed with the width-of-face size of T5 on the insensible field D of multilayers 22.

[0078] In this example, since the laminating of the multilayers 22 is carried out to the order of the free magnetic layer 14, the nonmagnetic conductive layer 13, the fixed magnetic layer 12, and the antiferromagnetism layer 20 from the bottom The sense current which flows to said nonmagnetic conductive layer 13 from the electrode layer 18 formed on said multilayers 22 Shunting also toward the fixed magnetic layer 12 and the antiferromagnetism layer 20 which are the upper layer rather than said nonmagnetic conductive layer 13, the amount of sense current which flows to said nonmagnetic conductive layer 13 has a possibility of falling compared with the case of the example shown in drawing 1 by which only the free magnetic layer 14 was formed in the upper layer of the nonmagnetic conductive layer 13.

[0079] However, in the case of this example, an interlayer 21 is formed between the hard bias layer 17 and the electrode layer 18. Since splitting of the sense current to said hard bias layer 17 is controlled and said electrode layer 18 is further extended even on multilayers 22 By being able to pass sense current from said electrode layer 18 directly to said multilayers 22, and extending said electrode layer 18 on an insensible field D further Since said sense current can

be passed with the priority to the sensitivity field E, the multilayers 9 in the conventional magneto-resistive effect element shown in drawing 12 Compared with the case where a laminating is carried out, playback sensitivity can raise raising and a playback output in the sequence of the free magnetic layer 4, the nonmagnetic conductive layer 3, the fixed magnetic layer 2, and the antiferromagnetism layer 1 from the bottom.

[0080] It is possible to raise the step coverage of the up gap layer 79 which the level difference formed between said electrode layer 18 upper surface and the multilayers 22 upper surface can be made small, therefore is formed in up to multilayers 22 from on said electrode layer 18, to be able to form without generating of a film piece, and to secure sufficient insulation by existence of an interlayer 21, furthermore, since contact thickness h5 to the multilayers 22 of said electrode layer 18 can be made small.

[0081] Drawing 3 is the cross section which looked at the structure of the magneto-resistive effect element of other this inventions from the ABS side. The antiferromagnetism layer 30 by which the spin bulb mold thin film shown in drawing 3 is formed on the substrate layer 19 is formed in the direction of illustration X for a long time, and at the center of the direction of X, said antiferromagnetism layer 30 projects only the height size d1, and it is formed. And on this projected antiferromagnetism layer 30, the fixed magnetic layer 31, the nonmagnetic conductive layer 32, the free magnetic layer 33, and a protective layer 15 are formed, and the layered product to a protective layer 15 consists of substrate layers 19 as multilayers 35.

[0082] In this invention, the antiferromagnetism layer 30 is formed with the Pt-Mn (platinum-manganese) alloy film. Or it replaces with said Pt-Mn alloy, and it is X-Mn (however, X is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru), or may be formed by Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag).

[0083] Said fixed magnetic layer 31 and free magnetic layer 33 are formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Fe-Co (iron-cobalt) alloy, the Fe-Co-nickel alloy, etc., and said nonmagnetic conductive layer 32 is formed with the nonmagnetic electrical conducting material with low electric resistance, such as Cu (copper).

[0084] And as shown in drawing 3, from on the width-of-face size T8 of the antiferromagnetism layer 30 which was extended in the direction of illustration X and formed in it, it applies to the side of the fixed magnetic layer 31, the nonmagnetic conductive layer 32, and the free magnetic layer 33, the metal membrane 36 used as the buffer film and orientation film which were formed by Cr etc. is formed, and the bias magnetic field generated from the hard bias layer 37 later mentioned by formation of this metal membrane 36 can be increased.

[0085] Furthermore on said metal membrane 36, the hard bias layer 37 formed with the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc. is formed.

[0086] Thus, it can fully give the bias magnetic field from the hard bias layer 37 to the free magnetic layer 33, and is [single-domain-] easy to size said free magnetic layer in the direction of X in the example shown in drawing 3, since the thickness of the hard bias layer 37 of the portion by which the hard bias layer 37 was formed on the antiferromagnetism layer 30, and was formed in the both sides of the free magnetic layer 33 is thick compared with the spin bulb mold thin film shown in drawing 1 or drawing 2 proper.

[0087] Moreover, on said hard bias layer 37 and 37, the electrode layers 39 and 39 which the interlayer 38 formed by the high electrical resistance materials or the insulating material which has resistance higher than the resistance of the electrode layer 39 was formed through the non-magnetic material layers 25 and 25, such as Ta, and were formed by Ta, Cr, etc. through the non-magnetic material layers 26 and 26, such as Ta, on this interlayer 38 are formed.

[0088] By forming the interlayer 38 formed by high electrical resistance materials or the insulating material between the hard bias layer 37 and the electrode layer 39 also in this example Since splitting to the hard bias layer 37 of sense current can be controlled and said electrode layer 39 is moreover extended and formed even on multilayers 35 Said multilayers 35 and electrode layer 39 change into an energization condition on said multilayers 35, therefore sense current can be directly passed from the electrode layer 39 on said multilayers 35 without the hard bias layer 37 to multilayers 35, and it is possible for playback sensitivity to raise raising and a playback output.



[0089] Moreover, since the field of the multilayers 35 of the width-of-face size T9 is the sensitivity field E, the field of the width-of-face size T10 is an insensible field D and said electrode layer 39 is extended and formed on the insensible field D in this invention as shown in drawing 3, the sense current from said electrode layer 39 can be passed with the priority to the sensitivity field E, and it is possible to aim at improvement in the further playback output.

[0090] Moreover, although the electrode layer 39 formed on multilayers 35 does not cover an insensible field D completely but is formed with the width-of-face size T11 shorter than it in drawing 3, it is as having mentioned above that said electrode layer 39 may cover the insensible field D completely.

[0091] When the electrode layer 39 formed on multilayers 35 has not covered the insensible field D completely like drawing 3, optical width-of-recording-track size O-Tw defined as a width-of-face size of the upper surface of multilayers 35 in which said electrode layer 39 is not formed becomes large compared with magnetic width-of-recording-track size M-Tw determined with the width-of-face size of the sensitivity field E where the upper surface is not covered with the electrode layer 39.

[0092] Moreover, also in this example, by existence of an interlayer 38, since contact thickness h6 to the multilayers 35 of said electrode layer 39 can be made small It is possible to raise the step coverage of the up gap layer 79 which the level difference formed between said electrode layer 39 upper surface and the multilayers 35 upper surface can be made small, therefore is formed in up to multilayers 35 from on said electrode layer 39, to be able to form without generating of a film piece, and to secure sufficient insulation.

[0093] Drawing 4 is the cross section which looked at the structure of the magneto-resistive effect element of other this inventions from the ABS side. This spin bulb mold thin film can obtain a playback output higher than the spin bulb mold thin film (called a single spin bulb mold thin film) which it is called that so-called dual spin bulb mold thin film in which the nonmagnetic conductive layers 43 and 45, the fixed magnetic layers 42 and 46, and the antiferromagnetism layers 41 and 47 were formed up and down, and is shown in drawing 1 thru/or drawing 3 focusing on the free magnetic layer 44. In addition, the layer by which the layer currently formed in the bottom is formed most in the bottom in the substrate layer 19 is a protective layer 15, and multilayers 48 are constituted from a substrate layer 19 by the layered product to a protective layer 15.

[0094] In this invention, the antiferromagnetism layers 41 and 47 are formed with the Pt-Mn (platinum-manganese) alloy film. Or it replaces with said Pt-Mn alloy, and it is X-Mn (however, X is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru), or may be formed by Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag).

[0095] Said fixed magnetic layers 42 and 46 and free magnetic layer 44 are formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Fe-Co (iron-cobalt) alloy, the Fe-Co-nickel alloy, etc., and said nonmagnetic conductive layers 43 and 45 are formed with the nonmagnetic electrical conducting material with low electric resistance, such as Cu (copper).

[0096] As shown in drawing 4, the hard bias layers 49 and 49 are formed in the both sides of multilayers 48, and these hard bias layers 49 and 49 are formed in them with for example, the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc.

[0097] Said hard bias layers 49 and 49 are magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction), and magnetization of said free magnetic layer 44 is arranged in the direction of illustration X by the bias magnetic field to the direction of X from said hard bias layers 49 and 49.

[0098] On said hard bias layers 49 and 49, the non-magnetic material layers 27 and 27, such as Ta, are minded. For example, TaSiO<sub>2</sub>, TaSi, CrSiO<sub>2</sub>, CrSi, WSi, The high electrical resistance materials which have resistance higher than resistance of the electrode layers 51 and 51, such as WSiO<sub>2</sub>, TiN, and TaN, Or aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and Ti 2O<sub>3</sub>, TiO, WO, AlN, The electrode layers 51 and 51 which the interlayers 50 and 50 formed by insulating materials, such as Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub>C and SiC, and SiAlON, are formed, and were formed by Ta, Cr, etc. through the non-magnetic material layers 28 and 28, such as Ta, on said interlayers 50 and 50 are formed. Moreover, said

electrode layers 51 and 51 are extended and formed even in the upper surface of multilayers 48 as shown in drawing 4.

[0099] By this invention, by making the interlayer 50 of high electrical resistance materials or an insulating material intervene between the hard bias layer 49 and the electrode layer 51 By could control splitting of the sense current to said hard bias layer 49, and moreover having extended and formed said electrode layer 51 even in the upper surface of multilayers 48 Sense current can be directly passed from said electrode layer 51 to multilayers 48, and it is possible for playback sensitivity to raise raising and a playback output.

[0100] Moreover, in this invention, by existence of said interlayer 50, since sense current can be passed without minding the hard bias layer 49 from said electrode layer 51 to multilayers 48 effectively even if it makes thin contact thickness h3 of the electrode layer 51 to multilayers 48 It is possible to raise the step coverage of the up gap layer 79 which the level difference between said electrode layer 51 upper surface and the multilayers 48 upper surface can be made small, therefore is formed on multilayers 48 from on said electrode layer 51, to be able to form without generating of a film piece, and to secure sufficient insulation.

[0101] Also in this example, although the sensitivity field E and insensible field D of said multilayers 48 are measured by the micro truck profile method, as shown in drawing 4, the field of the width-of-face size T15 located in the center of multilayers 48 is the sensitivity field E, it is those both sides and the field of the width-of-face size T14 is an insensible field D.

[0102] In said sensitivity field E, magnetization of the fixed magnetic layers 42 and 46 is fixed in the direction of illustration Y proper, moreover, magnetization of the free magnetic layer 44 is arranged in the direction of illustration X proper, and orthogonality relation has magnetization of the fixed magnetic layers 42 and 46 and the free magnetic layer 44. And to the external magnetic field from a record medium, magnetization of said free magnetic layer 44 is changed with sufficient sensitivity, electric resistance changes by the relation between fluctuation of this magnetization direction, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layers 42 and 46, and the leak magnetic field from a record medium is detected by the voltage change based on this electric resistance value change.

[0103] In this invention, as shown in drawing 4, the electrode layer 51 formed on multilayers 48 is extended and formed with the width-of-face size T16 on the insensible field D. The width-of-face size of the upper surface of the multilayers 48 which are not covered with said electrode layers 51 and 51 is defined as optical width-of-recording-track size O-Tw, and the width-of-face size T15 of the sensitivity field E where the upper surface is not covered with said electrode layer 51 is defined as magnetic width-of-recording-track size M-Tw. In this example, the electrode layer 51 extended, for example on said multilayers 48 has covered the insensible field D top completely. In this case, optical width-of-recording-track O-Tw and magnetic width-of-recording-track size M-Tw (= the width-of-face size of the sensitivity field E) serve as the almost same width-of-face size.

[0104] Or said electrode layer 51 does not need to cover the insensible field D top completely, and the width-of-face size T15 of the electrode layer 51 extended on multilayers 48 may be formed shorter than an insensible field D. In this case, optical width-of-recording-track O-Tw becomes larger than magnetic width-of-recording-track M-Tw. It is possible to be able to pass the sense current from said electrode layer 51 with the priority to the sensitivity field E in this invention, and to raise a playback output more by this.

[0105] Drawing 5 is the cross section which looked at the magneto-resistive effect element in other this inventions from the ABS side side. The magneto-resistive effect element shown in drawing 5 is called the AMR (amisotropic magnetoresisitive) element, a laminating is carried out to the order of the soft magnetism layer (SAL layer) 52, a non-magnetic layer (SHUNT layer) 53, the magnetic-reluctance layer (MR layer) 54, and a protective layer 55 from the bottom, and this layered product is multilayers 61. The hard bias layers 56 and 56 are formed in the both sides of these multilayers 61. Generally a CoPt alloy film is used for a NiFe alloy film and the hard bias layer 56 by said soft magnetism layer 52 at a NiFeNb alloy film and a non-magnetic layer 53 at Ta film and the magnetic-reluctance layer 54.

[0106] On said hard bias layers 56 and 56, the non-magnetic material layers 29 and 29, such as



Ta, are minded. For example, TaSiO<sub>2</sub>, TaSi, CrSiO<sub>2</sub>, CrSi, WSi, The high electrical resistance materials which have resistance higher than resistance of the electrode layers 58 and 58, such as WSiO<sub>2</sub>, TiN, and TaN, Or aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and Ti 2O<sub>3</sub>, TiO, WO, AlN, The electrode layers 58 and 58 which the interlayers 57 and 57 formed by insulating materials, such as Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub> C and SiC, and SiAlON, are formed, and were formed by Ta or Cr through the non-magnetic material layers 62 and 62, such as Ta, on said interlayers 57 and 57 are formed. Moreover, said electrode layers 58 and 58 are extended and formed even in the upper surface of multilayers 61 as shown in drawing 5 .

[0107] With this AMR element, the hard bias layer 56 is magnetized in the direction of illustration X, and the bias magnetic field of the direction of X is given to the magnetic-reluctance layer 54 by this hard bias layer 56. Furthermore, the bias magnetic field of the direction of illustration Y is given to the magnetic-reluctance layer 54 from the soft magnetism layer 52. By giving the bias magnetic field of the direction of X, and the direction of Y to the magnetic-reluctance layer 54, the magnetization change to magnetic field change of the magnetic-reluctance layer 54 is set as the condition of having linearity. The transit direction of a record medium is a Z direction, if the leak magnetic field from a record medium is given in the direction of Y, when the magnetization direction of the magnetic-reluctance layer 54 changes, resistance will change and this will be detected as voltage change.

[0108] By this invention, sense current can be directly passed from said electrode layer 58 to multilayers 61 by could control splitting of the sense current to said hard bias layer 56, and moreover having extended and formed said electrode layer 58 even in the upper surface of multilayers 61 by making the middle class 57 of high electrical resistance materials or an insulating material intervene between the hard bias layer 56 and the electrode layer 58.

[0109] Since sense current can be passed to said multilayers 61 in this invention from the electrode layer 58 formed especially in contact with the multilayers 61 top The rate of sense current of flowing to the magnetic-reluctance layer 54 currently formed most in the bottom among said multilayers 61 can be made [ many ]. Splitting of the sense current to the soft magnetism layer 52 which had become a problem from the former can be controlled, and, therefore, improvement in raising and a playback output can be aimed at for playback sensitivity by this invention compared with the former.

[0110] Moreover, in this invention, by existence of said interlayer 57, since sense current can be effectively passed, without minding the hard bias layer 56 from said electrode layer 58 to multilayers 61 even if it makes thin contact thickness h<sub>4</sub> of the electrode layer 58 to multilayers 61 Contact thickness h<sub>4</sub> to the multilayers 61 of said electrode layer 58 can be made thin, and, therefore, the level difference between said electrode layer 58 upper surface and the multilayers 61 upper surface can be made small. It is possible to raise the step coverage of the up gap layer 79 formed on multilayers 61 from on said electrode layer 58, to be able to form without generating of a film piece, and to secure sufficient insulation.

[0111] Also in this example, the field of the width-of-face size T<sub>19</sub> which measures the sensitivity field E and insensible field D of said multilayers 61 by the micro truck profile method, and is located in the center of said multilayers 61 is the sensitivity field E, and the field of the width-of-face size T<sub>20</sub> located in those both sides is an insensible field D. In this invention, as shown in drawing 5 , the electrode layer 58 formed on multilayers 61 is extended and formed with the width-of-face size T<sub>21</sub> on an insensible field D.

[0112] The width-of-face size of the multilayers 61 upper surface which is not covered with said electrode layers 58 and 58 is defined as optical width-of-recording-track size O-Tw, and the width-of-face size T<sub>19</sub> of the sensitivity field E where the upper surface is not covered with said electrode layer 58 is defined as magnetic width-of-recording-track size M-Tw. In this example, the electrode layer 58 extended, for example on said multilayers 61 has covered the insensible field D top completely. In this case, optical width-of-recording-track O-Tw and the width-of-face size T<sub>19</sub> (= magnetic width-of-recording-track size M-Tw) of the sensitivity field E turn into the almost same width-of-face size.

[0113] Or said electrode layer 58 does not need to cover the insensible field D top completely, and the width-of-face size T<sub>21</sub> of the electrode layer 58 extended on multilayers 61 may be

formed shorter than an insensible field D. In this case, optical width-of-recording-track O-Tw becomes larger than magnetic width-of-recording-track M-Tw.

[0114] By having extended and formed said electrode layer 58 on the insensible field D of multilayers 61 in this invention, sense current can be preferentially passed to the magnetic-reluctance layer 54 of the sensitivity field E, and it is possible to aim at improvement in the further playback output therefore.

[0115] Next, it explains, referring to a drawing about the manufacture method of the magneto-resistive effect element in this invention. As first shown in drawing 6, the multilayers 71 of a magneto-resistive effect element are formed on a substrate 70. In addition, these multilayers 71 may be any of the multilayers of drawing 1 and the single spin bulb mold thin film shown in 2, the multilayers of the dual spin bulb mold thin film shown in drawing 4, or the multilayers of the AMR element shown in drawing 5. Moreover, what is necessary is just to control an etching rate and etching time like the spin bulb mold thin film shown in drawing 3, not to shave off the side of the antiferromagnetism layer 30 but to remain in the phase of shaving off the side of multilayers 71 shown in drawing 6 by etching, in order to form the antiferromagnetism layer 30 in the direction of illustration X for a long time. In addition, when said multilayers 71 are formed by the multilayers of a single spin bulb mold thin film or a dual spin bulb mold thin film, It is desirable to form the antiferromagnetism layer which constitutes said multilayers 71 with a PtMn alloy, or it is X-Mn (however, X). Or it is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru, you may form by Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag). When forming with the quality of the material which mentioned said antiferromagnetism layer above, it is necessary to heat-treat to generate a switched connection magnetic field in an interface with a fixed magnetic layer.

[0116] And beforehand, as shown in drawing 11, the width-of-face dimension a of the upper surface of the multilayers of this magneto-resistive effect element is measured with an optical microscope using the magneto-resistive effect element of the conventional type (for example, refer to drawing 12) with which the hard bias layer and the electrode layer were formed only in the both sides of multilayers. Next, said magneto-resistive effect element is made to scan in the truck cross direction on the minute truck with which a certain signal was recorded, a playback output is detected, and the width-of-face size of the upper surface where the width-of-face size of the upper surface which emits 50% or more of playback output of the maximum output among this playback output emits 50% or less of playback output of the sensitivity field E and the maximum output for the field of B defines the field of C as an insensible field D.

[0117] The resist layer 72 for lift off is formed on multilayers 71, taking into consideration the width-of-face size C of the insensible field D which the micro truck profile method shows beforehand based on this measurement result. Although the slitting sections 72a and 72a are formed in that inferior surface of tongue at said resist layer 72 as shown in drawing 6, these slitting sections 72a and 72a are formed on an insensible field D among multilayers 71, and are changed into the condition that said resist layer 72 was completely covered on the sensitivity field E among multilayers 71.

[0118] Next, at the production process shown in drawing 7, the both sides of multilayers 71 are deleted by etching, and the hard bias layers 73 and 73 are formed on both sides of said multilayers 71 at the production process further shown in drawing 8. As for the spatter used in this invention in the case of membrane formation of membrane formation and the middle class 76 of these hard bias layers 73 and 73, and the electrode layer 75, it is desirable that they are any one or more sorts of the ion beam spatter method, the long slow spatter method, or the collimation spatter method.

[0119] Because place perpendicularly the substrate 70 with which multilayers 71 were formed in this invention to the target 74 formed with the presentation of the hard bias layer 73 as shown in drawing 8, and this uses the ion beam spatter method, for example Since the hard bias layer 73 can be perpendicularly formed to said multilayers 71, in slitting section 72a of the resist layer 72 formed on multilayers 71, and 72a, enter the hard bias layer 73 and it is not formed. In addition, as shown in drawing 8, layer 73a of the same presentation as said hard bias layer 73 is formed also on the resist layer 72.

[0120] Said target 74 Furthermore, for example, TaSiO<sub>2</sub>, TaSi, CrSiO<sub>2</sub>, CrSi, High electrical resistance materials, such as WSi, WSiO<sub>2</sub>, TiN, and TaN, or aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO, It replaces with the target 77 formed by the presentation of the middle class 76 of insulating materials, such as WO, AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub>C and SiC, and SiAlON, and the middle class 76 and 76 is formed on said hard bias layer 73 and 73 by the ion beam spatter method. In slitting section 72a of the resist layer 72 formed on multilayers 71, and 72a, enter this middle class 76 as well as the hard bias layer 73, and he is not formed. And as shown in drawing 8, layer 76a of the same presentation as said interlayer 76 is formed also on the resist layer 72.

[0121] Next, at the production process shown in drawing 9, the electrode layer 75 is formed from across on said interlayer 76 to said multilayers 71, and membranes are formed even in slitting section 72a formed in the inferior surface of tongue of said resist layer 72 in which said electrode layer 75 was formed on multilayers 71 in this case.

[0122] For example, said electrode layer 75 is formed on the hard bias layer 73 by the ion beam spatter method, leaning a substrate 70 aslant and making it rotate to the target 78 formed by the presentation of the electrode layer 75 to the substrate 70 with which multilayers 71 were formed, as shown in drawing 9. At this time, from across, the electrode layer 75 by which a spatter is carried out invades not only a middle class 76 top but in slitting section 72a of the resist layer 72 formed on multilayers 71, and is formed. That is, the electrode layer 75 formed in said slitting section 72a is formed by the wrap location in the insensible field D top of multilayers 71.

[0123] And at the production process shown in drawing 10, lift off removes the resist layer 72 shown in drawing 9, using resist exfoliation liquid, and the magneto-resistive effect element with which the electrode layer 75 was formed by this even on the insensible field D among multilayers 71 is completed.

[0124]

[Effect of the Invention] According to this invention explained in full detail above, between a hard bias layer and an electrode layer By preparing the interlayer formed by the high electrical resistance materials which have resistance higher than said electrode layer, or the insulating material, and moreover extending and forming said electrode layer even on multilayers Since it becomes possible to be able to control splitting of the sense current to said hard bias layer, and to pass sense current from said electrode layer directly to multilayers, it is possible for playback sensitivity to raise raising and a playback output conventionally.

[0125] Moreover, it is possible to be able to improve, to be able to form without a film piece the step coverage of the up gap layer which the level difference formed between said electrode layer upper surfaces and multilayers upper surfaces can be made small, therefore is formed in up to multilayers from on said electrode layer, and to secure sufficient insulation by existence of said interlayer, in this invention, since contact thickness to the multilayers of said electrode layer can be made thin.

[0126] It is possible to be able to pass sense current with the priority to the sensitivity field which is occupied to a part for the center section of said multilayers by extending and forming the electrode layer made to overlap on said multilayers in this invention even on the insensible field occupied near the both sides of multilayers and which can demonstrate a magneto-resistive effect substantially, therefore to aim at improvement in the further playback output furthermore.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反強磁性層と、この反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層とを有する多層膜と、この多層膜の両側に形成され、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃える一対のバイアス層と、このバイアス層上に形成された一対の導電層とが設けられて成る磁気抵抗効果素子において、前記ハードバイアス層と電極層との間には、前記電極層よりも高い抵抗を有する高抵抗材料及び／あるいは絶縁材料で形成された中間層が設けられており、しかも前記電極層は、前記多層膜上にまで延ばされて形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記多層膜は、下から反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、及びフリー磁性層の順で積層され、前記反強磁性層は、その上に形成された前記各層の両側の領域に延びており、この両側領域の反強磁性層上に、金属膜を介して一対のバイアス層、中間層、及び電極層が積層されている請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 フリー磁性層と、前記フリー磁性層の上下に形成された非磁性導電層と、一方の非磁性導電層の上及び他方の非磁性導電層の下に形成され、磁化方向が固定されている固定磁性層と、一方の固定磁性層の上及び他方の固定磁性層の下に形成された反強磁性層とを有する多層膜と、前記多層膜の両側に形成され、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃える一対のバイアス層と、このバイアス層上に形成された一対の導電層とが設けられて成る磁気抵抗効果素子において、前記ハードバイアス層と電極層との間には、前記電極層よりも高い抵抗を有する高抵抗材料及び／あるいは絶縁材料で形成された中間層が設けられており、しかも前記電極層は、前記多層膜上にまで延ばされて形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記反強磁性層は、PtMn合金により形成されている請求項1ないし3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記反強磁性層は、X-Mn（ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ruのいずれか1種または2種以上の元素である）合金で形成されている請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記反強磁性層は、Pt-Mn-X'（ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Agのいずれか1種または2種以上の元素である）合金で形成されている請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 非磁性層を介して重ねられた磁気抵抗効

果層と軟磁性層とを有する多層膜と、この多層膜の両側に形成された一対のバイアス層と、このバイアス層の上に形成された一対の電極層とを有して成る磁気抵抗効果素子において、前記ハードバイアス層と電極層との間には、前記電極層よりも高い抵抗を有する高抵抗材料及び／あるいは絶縁材料で形成された中間層が設けられており、しかも前記電極層は、前記多層膜上にまで延ばされて形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記ハードバイアス層と電極層との間に形成される中間層を構成する高抵抗材料には、TaSiO<sub>2</sub>、TaSi、CrSiO<sub>2</sub>、CrSi、WSi、WSiO<sub>2</sub>、TiN、TaNのうちいずれか1種または2種以上が選択される請求項1ないし7のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記ハードバイアス層と電極層との間に形成される中間層を構成する絶縁材料には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO、WO、AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C、SiC、SiAlONのうちいずれか1種または2種以上が選択される請求項1ないし7のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 前記多層膜は、再生感度に優れ、実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る中央部分の感度領域と、前記感度領域の両側に形成され、再生感度が悪く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得ない不感領域とで構成されており、前記電極層は前記不感領域上にまで延ばされて形成される請求項1ないし9のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 前記多層膜の感度領域は、電極層が多層膜の両側にのみ形成された磁気抵抗効果素子を、ある信号が記録された微小トラック上にトラック幅方向で走査させた場合に、得られた再生出力のうち最大出力の50%以上の出力が得られた領域として定義され、また前記多層膜の不感領域は、前記感度領域の両側であって、出力が最大出力の50%以下となる領域として定義される請求項10記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項12】 光学的トラック幅寸法O-Twは、前記感度領域と同じ幅寸法で形成される請求項10または11に記載の磁気抵抗効果素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば固定磁性層（ピン（Pinned）磁性層）の磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー（Free）磁性層の磁化の方向との関係で電気抵抗が変化するいわゆるスピンバルブ型薄膜素子に係り、特にセンス電流のハードバイアス層への分流を抑え、電極層からセンス電流を、多層膜へ直接的に流すことが可能な磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】図12は、磁気抵抗効果素子の従来の構造をABS面から見た断面図である。図12に示す磁気

抵抗効果素子は、巨大磁気抵抗効果を利用したGMR (giant magnetoresistive) 素子の1種であるスピンバルブ型薄膜素子と呼ばれるものであり、ハードディスクなどの記録媒体からの記録磁界を検出するものである。

【0003】このスピンバルブ型薄膜素子は、下から下地層6、反強磁性層1、固定磁性層(ピン(Pinned)磁性層)2、非磁性導電層3、フリー磁性層(Free)4、及び保護層7で構成された多層膜9と、この多層膜9の両側に形成された一対のハードバイアス層5、5と、このハードバイアス層5、5の上に形成された一対の電極層8、8とで構成されている。なお下地層6及び保護層7は、Ta(タンタル)膜などで形成されている。またこの多層膜9の上面の幅寸法によってトラック幅Tw(光学的トラック幅O-Twとも称される)が決定される。

【0004】前記反強磁性層1にはFe-Mn(鉄-マンガン)合金膜やNi-Mn(ニッケル-マンガン)合金膜、固定磁性層2及びフリー磁性層4にはNi-Fe(ニッケル-鉄)合金膜、非磁性導電層3にはCu(銅)膜、ハードバイアス層5、5にはCo-Pt(コバルト-白金)合金膜、また電極層8、8にはTaまたはCr膜が一般的に使用される。

【0005】図12に示すように、固定磁性層2の磁化は、反強磁性層1との交換異方性磁界によりY方向(記録媒体からの漏れ磁界方向;ハイト方向)に単磁区化され、フリー磁性層4の磁化は、前記ハードバイアス層5、5からのバイアス磁界の影響を受けてX方向に揃えられる。すなわち固定磁性層2の磁化と、フリー磁性層4の磁化とが、直交するように設定されている。

【0006】このスピンバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層5、5上に形成された電極層8、8から、多層膜9内に検出電流(センス電流)が与えられる。ハードディスクなどの記録媒体の走行方向はZ方向であり、記録媒体からの洩れ磁界がY方向に与えられると、フリー磁性層4の磁化がXからY方向へ向けて変化する。このフリー磁性層4内での磁化の方向の変動と、固定磁性層2の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し(これを磁気抵抗効果という)、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図12に示す従来の磁気抵抗効果素子の構造では、以下のような問題点が発生する。図12に示す磁気抵抗効果素子では、電極層8、8が多層膜9に直接的に通電状態にならないため、前記電極層8、8からのセンス電流は、一旦ハードバイアス層5、5に流れ、前記ハードバイアス層5、5から多層膜9にセンス電流が流れ易くなっている。

【0008】すなわち前記電極層8、8からのセンス電流は、ハードバイアス層5、5を介して多層膜9に流れ

るため、前記多層膜9に流れるセンス電流の割合が減り、従って再生感度が鈍り、再生出力が低下するといった問題があった。

【0009】さらに多層膜9を構成する固定磁性層2の磁化は、前述したように、図示Y方向に単磁区化され固定されているが、前記固定磁性層2の両側にはX方向に磁化されているハードバイアス層5、5が設けられている。そのために、特に、固定磁性層2の両端の磁化が、前記ハードバイアス層5、5からのバイアス磁界の影響を受け、図示Y方向に固定されなくなっている。

【0010】すなわち、前記ハードバイアス層5、5のX方向の磁化を受けて、X方向に単磁区化されているフリー磁性層4の磁化と、固定磁性層2の磁化とは、特に多層膜9の側端部付近では、直交関係にない。フリー磁性層4の磁化と、固定磁性層2の磁化とを直交関係に設定しておく理由は、フリー磁性層4の磁化が小さな外部磁界でも容易に変印可能で、電気抵抗を大きく変化させることができ、再生感度を向上させることができるからである。さらに前記直交関係にあると、良好な対称性を有する出力波形を得ることが可能になるためである。

【0011】しかもフリー磁性層4のうち、その側端部付近における磁化は、ハードバイアス層5、5からの強い磁化の影響を受けるため固定されやすく、外部磁界に対し磁化が変動しにくくなっており、図12に示すように、多層膜9の側端部付近には、再生感度の悪い不感領域Dが形成される。

【0012】多層膜9のうち、不感領域Dを除いた中央部分の領域が、実質的に記録磁界の再生に寄与し、磁気抵抗効果を発揮する感度領域Eであり、この感度領域Eの幅は、多層膜9の形成時に設定されたトラック幅Twよりも不感領域Dの幅寸法分だけ短くなっている。

【0013】このように磁気抵抗効果素子の多層膜9には、その両側付近に再生出力にほとんど寄与しない不感領域Dが形成され、この不感領域Dは、単に直流抵抗値(DCR)を上昇させる領域でしかなかった。

【0014】図12に示す従来の磁気抵抗効果素子の構造では、不感領域Dの存在により、実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る感度領域Eへ流れるセンス電流の量は激減する結果となる。よって、有効量の前記センス電流を感度領域Eに流すことができないため、直流抵抗の上昇とともにさらに再生出力が低下しやすい構造となっている。この不感領域Dの存在による再生出力の低下の問題は、今後の狭トラック化に伴い、さらに顕著化するものと考えられる。

【0015】そこで図13に示す磁気抵抗効果素子のように、多層膜9上に電極層10、10をオーバーラップさせれば、前記電極層10と多層膜9とを通電状態にでき、よって、前記電極層10から多層膜9に有効にセンス電流を流すことが可能になると考えられる。

【0016】この場合、電極層10から多層膜9へ有効



にセンス電流を流すためには、前記電極層10の厚みを従来以上に厚くし、特に多層膜9に接している前記多層膜9上の電極層10の厚さ $h_1$ を厚くして、前記電極層10の直流抵抗値を低下させなければならない。

【0017】仮に前記電極層10の多層膜9に対する接触厚さ $h_1$ が薄いと、前記電極層10の直流抵抗値の上昇のため、前記電極層10からのセンス電流は、ハードバイアス層5に分流しやすくなり、結局従来と同様に、再生出力の低下が問題となってしまうからである。

【0018】上記のように、前記電極層10を、多層膜9上にオーバーラップさせ、前記電極層10の多層膜9に対する接触厚さ $h_1$ を厚くすれば、ハードバイアス層5へのセンス電流の分流を抑制でき、前記電極層10から多層膜9へ有効にセンス電流を流すことが可能になると考えられる。

【0019】しかし図13に示すように、前記電極層10が、多層膜9上面から厚さ $h_1$ で突出形成されると、前記電極層10上面と多層膜9上面との間に大きな段差が形成されてしまうので、前記電極層10上から多層膜9上に絶縁材料製の上部ギャップ層11を形成する際に、前記上部ギャップ層11はステップカバレッジが悪く、段差部で膜切れが発生する。したがって、上部ギャップ層11における絶縁性を十分に確保できないといった問題が発生する。

【0020】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特に、ハードバイアス層へのセンス電流の電流ロスを低減できるようにし、またセンス電流を多層膜の中央部分に占める感度領域に優先的に流すことができるようにして再生出力の向上を可能とし、しかも適切な絶縁性を確保して上部ギャップ層を形成できる磁気抵抗効果素子を提供することを目的としている。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、反強磁性層と、この反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層とを有する多層膜と、この多層膜の両側に形成され、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃える一対のバイアス層と、このバイアス層上に形成された一対の導電層とが設けられて成る磁気抵抗効果素子において、前記ハードバイアス層と電極層との間には、前記電極層よりも高い抵抗を有する高抵抗材料及び／あるいは絶縁材料で形成された中間層が設けられており、しかも前記電極層は、前記多層膜上にまで延ばされて形成されていることを特徴とするものである。

【0022】本発明では、前記多層膜は、下から反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、及びフリー磁性層の順で積層され、前記反強磁性層は、その上に形成された前記各層の両側の領域に延びており、この両側領域の反

強磁性層上に、金属膜を介して一対のバイアス層、中間層、及び電極層が積層されていることが好ましい。

【0023】また本発明は、フリー磁性層と、前記フリー磁性層の上下に形成された非磁性導電層と、一方の非磁性導電層の上及び他方の非磁性導電層の下に形成され、磁化方向が固定されている固定磁性層と、一方の固定磁性層の上及び他方の固定磁性層の下に形成された反強磁性層とを有する多層膜と、前記多層膜の両側に形成され、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃える一対のバイアス層と、このバイアス層上に形成された一対の導電層とが設けられて成る磁気抵抗効果素子において、前記ハードバイアス層と電極層との間には、前記電極層よりも高い抵抗を有する高抵抗材料及び／あるいは絶縁材料で形成された中間層が設けられており、しかも前記電極層は、前記多層膜上にまで延ばされて形成されていることを特徴とするものである。

【0024】前記反強磁性層は、PtMn合金により形成されていることが好ましく、あるいはX-Mn（ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ruのいずれか1種または2種以上の元素である）合金、Pt-Mn-X'（ただしX'は、Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Agのいずれか1種または2種以上の元素である）合金で形成されていてもよい。

【0025】さらに本発明は、非磁性層を介して重ねられた磁気抵抗効果層と軟磁性層とを有する多層膜と、この多層膜の両側に形成された一対のバイアス層と、このバイアス層の上に形成された一対の電極層とを有して成る磁気抵抗効果素子において、前記ハードバイアス層と電極層との間には、前記電極層よりも高い抵抗を有する高抵抗材料及び／あるいは絶縁材料で形成された中間層が設けられており、しかも前記電極層は、前記多層膜上にまで延ばされて形成されていることを特徴とするものである。

【0026】本発明では、前記ハードバイアス層と電極層との間に形成される中間層を構成する高抵抗材料には、TaSiO<sub>2</sub>、TaSi、CrSiO<sub>2</sub>、CrSi、WSi、WSiO<sub>2</sub>、TiN、TaNのうちいずれか1種または2種以上が選択されることが好ましい。

【0027】また本発明では、前記ハードバイアス層と電極層との間に形成される中間層を構成する絶縁材料には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO、WO、AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C、SiC、SiAlONのうちいずれか1種または2種以上が選択されることが好ましい。

【0028】さらに本発明では、前記多層膜は、再生感度に優れ、実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る中央部分の感度領域と、前記感度領域の両側に形成され、再生感度が悪く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得ない不感領域とで構成されており、前記電極層は前記不感領域上にま



で延ばされて形成されることが好ましい。

【0029】本発明では、前記多層膜の感度領域は、電極層が多層膜の両側にのみ形成された磁気抵抗効果素子を、ある信号が記録された微小トラック上にトラック幅方向で走査させた場合に、得られた再生出力のうち最大出力の50%以上の出力が得られた領域として定義され、また前記多層膜の不感領域は、前記感度領域の両側であって、出力が最大出力の50%以下となる領域として定義される。例えば光学的トラック幅寸法O-Twは、前記感度領域と同じ幅寸法で形成される。

【0030】本発明では、センス電流のハードバイアス層への分流を抑制すると同時に、磁気抵抗効果素子上に上部ギャップ層を、充分な絶縁性を確保できるように形成することを目的の一つとし、そこで本発明では、ハードバイアス層と電極層との間に絶縁材料あるいは、前記電極層よりも高い抵抗を有する高抵抗材料の中間層を形成し、しかも前記電極層を多層膜上にまでオーバーラップさせたのである。

【0031】ハードバイアス層と電極層との間に絶縁材料などの中間層を介在させることで、センス電流のハードバイアス層への分流（電流ロス）を低減させることができ、しかも前記電極層を多層膜上にオーバーラップさせているから、前記多層膜上に前記電極層と多層膜とを通电状態にでき、前記電極層からのセンス電流を多層膜に直接的に流すことができる。

【0032】図13に示す磁気抵抗効果素子の場合でも、電極層10を多層膜9上にオーバーラップさせているが、図13の場合には、電極層10とハードバイアス層5との間には、本発明のように、中間層が形成されていないから、前記電極層10から多層膜9へ有効にセンス電流を流すためには、前記電極層10の多層膜9に対する接触厚さ $h_1$ を厚くして、前記電極層10の直流抵抗を低下させ、センス電流のハードバイアス層5への分流を抑える必要がある。この場合、前記電極層10上面と多層膜9上面との間には、急激な段差が発生し、この段差により、前記電極層10上から多層膜9上に形成される上部ギャップ層11はステップカバレッジが悪く、膜切れが発生し、充分な絶縁性を確保することが非常に困難となる。

【0033】これに対し本発明では、上述のように、ハードバイアス層と電極層との間に絶縁材料などで形成された中間層を介しているから、電極層の厚みに関係なく、前記電極層からのセンス電流はハードバイアス層へ分流しにくく、したがって図13に示す場合に比べて、前記電極層の多層膜に対する接触厚さを薄くしても、電極層からセンス電流を多層膜へ有効に流すことができる。よって本発明では、電極層の多層膜に対する接触厚さを薄くして、前記電極層上面と多層膜上面との間に形成される段差高さを小さくでき、従って前記電極層上から多層膜上にかけて形成される上部ギャップ層のステッ

プカバレッジを向上でき、充分な絶縁性を確保することが可能である。

【0034】ところでGMR素子やAMR素子を構成する多層膜は、この多層膜全体が磁気抵抗効果を発揮するのではなく、その中央領域のみが再生感度に優れ、実質的にこの中央領域のみが、磁気抵抗効果を発揮し得る領域である。この再生感度に優れた多層膜の領域を感度領域と呼び、前記感度領域の両側であって、再生感度の悪い領域を不感領域と呼ぶが、多層膜に占める感度領域及び不感領域は、マイクロトラックプロファイル法によって測定される。以下、マイクロトラックプロファイル法について図11を参照しながら説明する。

【0035】図11に示すように磁気抵抗効果を発揮する多層膜と、その両側に形成されたハードバイアス層と、このハードバイアス層上に形成された電極層とを有する、従来の磁気抵抗効果素子（図12参照）を基板上に形成する。前記電極層は、多層膜の両側にのみ形成された構造となっている。

【0036】次に光学顕微鏡によって、電極層が覆い被さっていない多層膜の上面の幅寸法Aを測定する。この幅寸法Aは、光学的方法によって測定されたトラック幅Tw（以下、光学的トラック幅寸法O-Twという）として定義される。

【0037】そして、記録媒体上に微小トラックで、ある信号を記録しておき、磁気抵抗効果素子を、微小トラック上でトラック幅方向に走査させて、多層膜の幅寸法Aと、再生出力との関係を測定する。あるいは、微小トラックが形成された記録媒体側を、磁気抵抗効果素子上にトラック幅方向に走査させて、多層膜の幅寸法Aと、再生出力との関係を測定してもよい。その測定結果は、図11の下側に示されている。

【0038】この測定結果を見ると、多層膜の中央付近では、再生出力が高くなり、前記多層膜の側部付近では、再生出力は低くなることがわかる。この結果から、多層膜の中央付近では、良好に磁気抵抗効果が発揮され、再生機能に関与するが、その側部付近では、磁気抵抗効果が悪化して再生出力が低く、再生機能が低下しているといえる。

【0039】本発明では、最大再生出力に対し50%以上の再生出力が発生する多層膜上面の幅寸法Bで形成された領域を、感度領域と定義し、最大再生出力に対し50%以下の再生出力しか発生し得ない多層膜上面の幅寸法Cを有して形成された領域を不感領域と定義した。

【0040】このように多層膜は、感度領域と不感領域とで構成されていることを考慮し、本発明では、センス電流を、実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る感度領域に優先的に流すことを目的の一つとしている。そこで本発明では、多層膜上にオーバーラップさせる電極層を、不感領域上まで延ばすこととした。

【0041】不感領域上にまで電極層を延ばして形成す

れば、不感領域を避けて、感度領域に優先的にセンス電流を流すことが可能であり、より再生出力を向上させることができる。ただし前記電極層は感度領域上にまで延ばされて形成されてはいけない。後述するように、ノイズ発生及び再生出力の低下に繋がるからである。

【0042】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1実施形態の磁気抵抗効果素子の構造をABS面側から見た断面図である。なお、図1ではX方向に延びる素子の中央部分のみを破断して示している。この磁気抵抗効果素子は、スピンバルブ型薄膜素子と呼ばれるものであり、巨大磁気抵抗効果を利用したGMR (giant magnetoresistive) 素子の一種である。このスピンバルブ型薄膜素子は、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向はZ方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

【0043】図1の最も下に形成されているのはTa (タンタル) などの非磁性材料で形成された下地層19である。この下地層19の上に反強磁性層20、固定磁性層12、非磁性導電層13、およびフリー磁性層14が積層されている。そして、前記フリー磁性層14の上にTa (タンタル) などの保護層15が形成されている。前記下地層19から保護層15までの各層によって、多層膜16が構成されている。図1に示すように前記多層膜16の上面の幅寸法はT30で形成されている。

【0044】前記固定磁性層12は反強磁性層20と接して形成され、磁場中アニールが施されることにより、前記反強磁性層20と固定磁性層12との界面にて交換結合による交換異方性磁界が生じ、前記固定磁性層12の磁化が図示Y方向に固定される。

【0045】本発明では、前記反強磁性層20がPt-Mn (白金-マンガン) 合金膜により形成されている。Pt-Mn合金膜は、従来から反強磁性層として使用されているFe-Mn合金膜、Ni-Mn合金膜などに比べて耐食性に優れており、またブロッキング温度も高く、さらに交換異方性磁界(Hex)が大きいなど反強磁性材料として優れた特性を有している。

【0046】また、前記Pt-Mn合金に代えて、X-Mn (ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ruのいずれか1種または2種以上の元素である) で、あるいはPt-Mn-X' (ただしX'は、Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Agのいずれか1種または2種以上の元素である) で形成されていてもよい。

【0047】前記固定磁性層12およびフリー磁性層14は、Ni-Fe (ニッケル-鉄) 合金、Co (コバルト)、Fe-Co (鉄-コバルト) 合金、Fe-Co-Ni合金などで形成されており、前記非磁性導電層13

は、Cu (銅) などの電気抵抗の低い非磁性導電材料で形成されている。

【0048】図1に示すように、下地層19から保護層15までの多層膜16の両側には、ハードバイアス層17, 17が形成されており、このハードバイアス層17, 17は例えばCo-Pt (コバルト-白金) 合金やCo-Cr-Pt (コバルト-クロム-白金) 合金などで形成されている。

【0049】前記ハードバイアス層17, 17は図示X方向 (トラック幅方向) に着磁されており、前記ハードバイアス層17, 17からのX方向へのバイアス磁界により、前記フリー磁性層14の磁化は図示X方向に揃えられている。

【0050】さらに前記ハードバイアス層17, 17上には、例えばTaなどの非磁性材料層23を介して後述する電極層18の抵抗値よりも高い抵抗値を有する高抵抗材料あるいは絶縁材料で形成され、または前記高抵抗材料と絶縁材料とが積層された中間層21が設けられている。中間層21として、酸化物あるいはSi化合物を用いた場合には、前記非磁性材料層23を、ハードバイアス層17と電極層18との間に介在させた方が好ましい。非磁性材料層23がないと、例えばCoPtで形成されるハードバイアス層17と、酸化物あるいはSi化合物を用いて形成された中間層21との間で拡散が生じ易いからである。ただし、中間層21として、N化合物を使用した場合には、上記のような拡散は起こりにくいので、前記非磁性材料層23を介在させなくてもよい。

【0051】本発明では、前記中間層21を構成する高抵抗材料には、TaSiO<sub>2</sub>、TaSi、CrSiO<sub>2</sub>、CrSi、WSi、WSiO<sub>2</sub>、TiN、Ta<sub>2</sub>Nのうちいずれか1種の単層膜、または2種以上の混合膜あるいは積層膜が選択されることが好ましい。

【0052】また本発明では、前記中間層21を構成する絶縁材料には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO、WO、AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C、SiC、SiAlONのうちいずれか1種の単層膜または2種以上の混合膜あるいは積層膜が選択されることが好ましい。

【0053】そして図1に示すように前記中間層21上には、Taなどの非磁性材料層24, 24を介して電極層18が形成され、本発明では前記電極層18が多層膜16上にまで延びて形成されている。この場合も上記で説明したように、中間層21として酸化物あるいはSi化合物を用いた場合には、非磁性材料層24を用いることが好ましく、中間層21としてN化合物を用いた場合には、非磁性材料層24を用いても用いなくてもどちらでもよい。

【0054】本発明では前記電極層18が多層膜16上にまで延びて形成されているので、多層膜16上で、前記電極層18と多層膜16とが通電接続された状態になっている。前記電極層18は例えばTa (タンタル) や

Cr（クロム）などで形成されている。

【0055】このように本発明では、ハードバイアス層17と電極層18との間に、前記電極層18よりも高い抵抗値を有する高抵抗材料及び／あるいは絶縁材料で構成された中間層21が形成されているので、前記電極層18からのセンス電流は、ハードバイアス層17へ流れにくく、前記ハードバイアス層17へのセンス電流の分流を低減させることが可能である。

【0056】そして本発明では、前記電極層18が多層膜16上にまで延ばされて形成されているので、前記電極層18からのセンス電流は、前述した中間層21の存在により、ハードバイアス層17を介さずに、多層膜16上に接して形成された電極層18から直接的に、多層膜16へ流れるようになり、従来に比べて、再生感度を上げ、再生出力を向上させることが可能となっている。

【0057】また再生出力の向上は、前記電極層18からのセンス電流が、多層膜16の主に非磁性導電層13に流れやすくなって大きな磁気抵抗効果を発揮し得ることも原因の一つとして挙げられる。

【0058】磁気抵抗効果は、固定磁性層12、非磁性導電層13及びフリー磁性層14の3層で発揮される。前記固定磁性層12の磁化は図示Y方向に固定磁化され、またフリー磁性層14の磁化はトラック幅方向（図示X方向）に揃えられて、外部磁界に対し自由に変動可能である。フリー磁性層14の磁化が外部磁界に対し変動し、さらに非磁性導電層13にセンス電流が流されることにより、フリー磁性層14と固定磁性層12のうち片方の層から他方の層へ移動しようとする電子が、非磁性導電層13と固定磁性層12との界面、または非磁性導電層13とフリー磁性層14との界面で散乱を起して、電気抵抗が変化し、この電気抵抗に基づく電圧変化により、再生出力を得ることが可能になっている。

【0059】本発明では、図1に示すように、多層膜16上にまで電極層18が延ばされて形成され、前記多層膜16上の電極層18から多層膜16へセンス電流が直接的に流れるようになっている。したがって前記センス電流は、多層膜16のうち、非磁性導電層13の上層であるフリー磁性層12にも流れるが、特に抵抗の小さい非磁性導電層13に主に流れやすくなっている。

【0060】これに対し、例えば図12に示す従来の磁気抵抗効果素子では、電極層8からのセンス電流が、ハードバイアス層5を介して多層膜9の側面方向（図示X方向）から前記多層膜9内へ流れるようになっている。このような構造であると、前記センス電流は、非磁性導電層3のみならず、反強磁性層1、固定磁性層2及びフリー磁性層4にそれぞれ分流し、実質的に非磁性導電層3に流れるセンス電流の量は低下する結果となる。

【0061】よって本発明における磁気抵抗効果素子の構造では、従来における磁気抵抗効果素子の構造に比べ、特に非磁性導電層13にセンス電流を流し得るた

め、大きな磁気抵抗効果を発揮でき、再生出力の向上に繋がる。

【0062】また本発明では、中間層21を設けたことにより、特に多層膜16上に接して形成される電極層18の接触厚さ $h_2$ を薄くしても、前記電極層18からのセンス電流は、ハードバイアス層17へ分流しにくく、前記電極層18から多層膜16へ直接的にセンス電流を流すことが可能である。

【0063】このように本発明では、多層膜16上に接して形成される電極層18の接触厚さ $h_2$ を薄く形成できるので、前記電極層18上面と多層膜16上面との間の段差は小さく、したがって、前記電極層18上から多層膜16上にかけて形成される上部ギャップ層79のステップカバレッジを向上させ膜切れの発生無しに形成でき、十分な絶縁性を確保することが可能である。

【0064】ところで多層膜16上に電極層18をどこまでも延ばして形成してよいかというそうではない。図1に示すように多層膜16の中央に位置する幅寸法T2の領域は、感度領域Eであり、その両側であって、幅寸法T1の領域は、不感領域D、Dである。

【0065】前記感度領域Eでは、固定磁性層12の磁化が、適正に図示Y方向に固定され、しかもフリー磁性層14の磁化が適正に図示X方向に揃えられており、固定磁性層11とフリー磁性層14の磁化が直交関係にある。そしてこの感度領域Eでは、記録媒体からの外部磁界に対し、前記フリー磁性層14の磁化が感度良く変動し、すなわち前記感度領域Eは、実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る部分である。

【0066】これに対し、前記感度領域Eの両側に位置する不感領域D、Dでは、固定磁性層12及びフリー磁性層14の磁化が、ハードバイアス層17からの磁化の影響を強く受け、前記フリー磁性層14の磁化は、外部磁界に対し変動しにくくなっている。すなわち不感領域Dは、磁気抵抗効果が弱く、再生機能が低下した領域である。

【0067】本発明では、多層膜16における感度領域Eの幅寸法T2、及び不感領域D、Dの幅寸法を、上述したマイクロトラックプロファイル法（図11参照）によって測定している。

【0068】本発明では、図1に示すように電極層18が、前記多層膜16の不感領域D上にまでT3の幅寸法で延ばされて形成されている。また前記電極層18に覆われていない多層膜16の上面の幅寸法は、光学的方法で測定された光学的トラック幅寸法O-Tw（Optical read track width）として定義される。

【0069】また上面が電極層18に覆われてない感度領域Eの幅寸法T2が、実質的にトラック幅として機能し、この幅寸法T2は磁氣的トラック幅寸法M-Tw（Magnetic read track width）として定義される。図1に示す実施例では、光学的トラック幅寸法O-T

w、磁氣的トラック幅寸法M-Tw、及び感度領域Eの幅寸法T2がすべてほぼ同じ寸法値となっている。

【0070】このように本発明では、多層膜16上にオーバーラップされる電極層18が、不感領域D上まで延ばされて形成されている。したがって、前記電極層18からのセンス電流は、不感領域Dを避けて、実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る感度領域Eに優先的に流れ易くなり、さらなる再生出力の向上を図ることが可能である。

【0071】特に光学的トラック幅寸法O-Twと感度領域Eの幅寸法T2（＝磁氣的トラック幅寸法M-Tw）を同じ幅寸法で形成した場合にあっては、センス電流を感度領域Eに適切に流しやすくなり、再生特性の向上をより一層図ることができる。

【0072】なお図1に示す実施例では、電極層18が、不感領域D上を完全に覆って形成されているが、前記電極層18は、完全に不感領域D、Dを覆っていなくてもよく、前記不感領域Dの一部が露出しているもよい。この場合、光学的トラック幅O-Twの幅は、感度領域Eの幅寸法T2（＝磁氣的トラック幅M-Tw）よりも大きくなる。ただし多層膜16上に延ばされて形成される電極層18、18は、感度領域D上にまで延ばされて形成されてはいけない。

【0073】多層膜16の上面に延ばされて形成された電極層18からは、その先端から主にセンス電流が流れるため、上記のように、実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る感度領域E上にまでも電極層18が形成された場合には、電極層18が覆い被さった部分の感度領域Eにセンス電流は流れにくく、折角、磁気抵抗効果を良好に発揮し得る感度領域Eの一部を殺してしまうことになり、ノイズの発生、及び再生出力の低下に繋がりが好ましくない。

【0074】図2に示すスピバルブ型薄膜素子の多層膜22は、図1に示すスピバルブ型薄膜素子の多層膜16の積層の順番を逆にしたものである。つまり、図2では、下地層19の上にフリー磁性層14、非磁性導電層13、固定磁性層12、及び反強磁性層20が連続して積層されている。

【0075】この実施例においては、図2に示す多層膜22のフリー磁性層14は、反強磁性層20よりも下方に形成されているために、ハードバイアス層17、17の膜厚の厚い部分と隣接しており、従って前記フリー磁性層14の磁化は容易にX方向に揃えられる。これにより、バルクハウゼンノイズの発生を低減させることができる。

【0076】そしてこの実施例においても、前記ハードバイアス層17と電極層18の間には、前記電極層18よりも高い抵抗値を有する高抵抗材料あるいは絶縁材料で形成された中間層21が設けられて、ハードバイアス層17へのセンス電流の分流を抑制している。なお図

1と同様に、前記中間層21の上下には、Taなどで形成された非磁性材料層23、24が設けられていてもよい。

【0077】また前記電極層18は、多層膜22上にまで延ばされて形成されており、具体的には前記電極層18は、多層膜22の不感領域D上までT5の幅寸法で延ばされて形成されている。

【0078】この実施例では、多層膜22が、下側からフリー磁性層14、非磁性導電層13、固定磁性層12、及び反強磁性層20の順に積層されているので、前記多層膜22上に形成された電極層18から前記非磁性導電層13に流れるセンス電流は、前記非磁性導電層13よりも上層である固定磁性層12及び反強磁性層20にも分流し、前記非磁性導電層13へ流れるセンス電流量は、非磁性導電層13の上層にフリー磁性層14のみが形成された図1に示す実施例の場合に比べ低下する虞がある。

【0079】しかしながらこの実施例の場合においても、ハードバイアス層17と電極層18との間に中間層21が形成されて、前記ハードバイアス層17へのセンス電流の分流は抑制され、さらに前記電極層18は多層膜22上にまで延ばされているので、前記電極層18から前記多層膜22へ直接的にセンス電流を流すことができ、さらに前記電極層18を不感領域D上まで延ばすことで、前記センス電流を感度領域Eに優先的に流すことができるから、図12に示す従来の磁気抵抗効果素子における多層膜9を、下からフリー磁性層4、非磁性導電層3、固定磁性層2及び反強磁性層1の順番で積層した場合に比べ、再生感度を上げ、再生出力を向上させることができる。

【0080】さらに中間層21の存在により、前記電極層18の多層膜22に対する接触厚さh5を小さくできるから、前記電極層18上面と多層膜22上面との間に形成される段差を小さくでき、したがって前記電極層18上から多層膜22上へ形成する上部ギャップ層79のステップカバレッジを向上させて膜切れの発生無しに形成でき、充分な絶縁性を確保することが可能である。

【0081】図3は、他の本発明の磁気抵抗効果素子の構造をABS面から見た断面図である。図3に示すスピバルブ型薄膜素子は、下地層19の上に形成される反強磁性層30が、図示X方向に長く形成され、X方向の中心では前記反強磁性層30が高さ寸法d1だけ突出して形成されている。そしてこの突出した反強磁性層30上に、固定磁性層31、非磁性導電層32、フリー磁性層33、及び保護層15が形成され、下地層19から保護層15までの積層体が多層膜35として構成されている。

【0082】本発明では、反強磁性層30がPt-Mn（白金-マンガン）合金膜により形成されている。あるいは前記Pt-Mn合金に代えて、X-Mn（ただしX

は、Pd, Ir, Rh, Ruのいずれか1種または2種以上の元素である）で、あるいはPt-Mn-X'（ただしX'は、Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Agのいずれか1種または2種以上の元素である）で形成されていてもよい。

【0083】前記固定磁性層31およびフリー磁性層33は、Ni-Fe（ニッケル-鉄）合金、Co（コバルト）、Fe-Co（鉄-コバルト）合金、Fe-Co-Ni合金などで形成されており、前記非磁性導電層32は、Cu（銅）などの電気抵抗の低い非磁性導電材料で形成されている。

【0084】そして図3に示すように、図示X方向に延ばされて形成された反強磁性層30の幅寸法T8上から、固定磁性層31、非磁性導電層32、及びフリー磁性層33の側面にかけて、Crなどで形成された緩衝膜及び配向膜となる金属膜36が形成されており、この金属膜36の形成によって、後述するハードバイアス層37から発生するバイアス磁界を増大させることができる。

【0085】さらに前記金属膜36の上には、例えばCo-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されたハードバイアス層37が形成されている。

【0086】このように図3に示す実施例では、ハードバイアス層37が、反強磁性層30上に形成され、フリー磁性層33の両側に形成された部分のハードバイアス層37の膜厚は、図1または図2に示すスピンバルブ型薄膜素子に比べて厚くなっているため、フリー磁性層33にハードバイアス層37からのバイアス磁界を充分に与えることができ、前記フリー磁性層を適正にX方向に単磁区化しやすくなっている。

【0087】また前記ハードバイアス層37、37上には、Taなどの非磁性材料層25、25を介して、電極層39の抵抗値よりも高い抵抗値を有する高抵抗材料あるいは絶縁材料で形成された中間層38が形成され、この中間層38の上にTaなどの非磁性材料層26、26を介してTaやCrなどで形成された電極層39、39が形成されている。

【0088】この実施例においてもハードバイアス層37と電極層39との間に、高抵抗材料あるいは絶縁材料で形成された中間層38を設けることで、センス電流のハードバイアス層37への分流を抑制でき、しかも前記電極層39は多層膜35上にまで延ばされて形成されているので、前記多層膜35上にて前記多層膜35と電極層39とを通電状態にでき、従って、前記多層膜35上の電極層39から多層膜35へ、ハードバイアス層37を介さず、直接的にセンス電流を流すことができ、再生感度を上げ、再生出力を向上させることが可能である。

【0089】また図3に示すように、幅寸法T9の多層膜35の領域が感度領域Eであり、幅寸法T10の領域

が不感領域Dであり、本発明では前記電極層39が不感領域D上まで延ばされて形成されているので、前記電極層39からのセンス電流を感度領域Eに優先的に流すことができ、さらなる再生出力の向上を図ることが可能である。

【0090】また図3では、多層膜35上に形成される電極層39が、完全に不感領域Dを覆っておらずそれよりも短い幅寸法T11で形成されているが、前記電極層39が、完全に不感領域Dを覆っていてもよいことは前述した通りである。

【0091】図3のように、多層膜35上に形成される電極層39が、完全に不感領域Dを覆っていない場合には、前記電極層39が形成されていない多層膜35の上面の幅寸法として定義される光学的トラック幅寸法O-Twが、上面が電極層39に覆われていない感度領域Eの幅寸法で決定される磁氣的トラック幅寸法M-Twに比べて大きくなる。

【0092】またこの実施例においても、中間層38の存在により、前記電極層39の多層膜35に対する接触厚さh6を小さくできるから、前記電極層39上面と多層膜35上面との間に形成される段差を小さくでき、したがって前記電極層39上から多層膜35上へ形成する上部ギャップ層79のステップカバレッジを向上させて膜切れの発生無しに形成でき、充分な絶縁性を確保することが可能である。

【0093】図4は、他の本発明の磁気抵抗効果素子の構造をABS面から見た断面図である。このスピンバルブ型薄膜素子は、フリー磁性層44を中心として、その上下に非磁性導電層43、45、固定磁性層42、46、及び反強磁性層41、47が形成された、いわゆるデュアルスピンバルブ型薄膜素子と呼ばれるものであり、図1ないし図3に示すスピンバルブ型薄膜素子（シングルスピンバルブ型薄膜素子と呼ばれる）よりも高い再生出力を得ることが可能である。なお最も下側に形成されている層が下地層19で、最も上側に形成されている層が保護層15であり、下地層19から保護層15までの積層体によって多層膜48が構成されている。

【0094】本発明では、反強磁性層41、47がPt-Mn（白金-マンガン）合金膜により形成されている。あるいは前記Pt-Mn合金に代えて、X-Mn（ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ruのいずれか1種または2種以上の元素である）で、あるいはPt-Mn-X'（ただしX'は、Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Agのいずれか1種または2種以上の元素である）で形成されていてもよい。

【0095】前記固定磁性層42、46およびフリー磁性層44は、Ni-Fe（ニッケル-鉄）合金、Co（コバルト）、Fe-Co（鉄-コバルト）合金、Fe-Co-Ni合金などで形成されており、前記非磁性導電層43、45は、Cu（銅）などの電気抵抗の低い非



磁性導電材料で形成されている。

【0096】図4に示すように、多層膜48の両側には、ハードバイアス層49、49が形成されており、このハードバイアス層49、49は例えばCo-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されている。

【0097】前記ハードバイアス層49、49は図示X方向（トラック幅方向）に着磁されており、前記ハードバイアス層49、49からのX方向へのバイアス磁界により、前記フリー磁性層44の磁化は図示X方向に揃えられている。

【0098】前記ハードバイアス層49、49の上には、Taなどの非磁性材料層27、27を介して、例えばTaSiO<sub>2</sub>、TaSi、CrSiO<sub>2</sub>、CrSi、WSi、WSiO<sub>2</sub>、TiN、Ta<sub>2</sub>Nなどの電極層51、51の抵抗よりも高い抵抗値を有する高抵抗材料、あるいはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO、WO、AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C、SiC、SiAlONなどの絶縁材料で形成された中間層50、50が形成されており、前記中間層50、50の上に、Taなどの非磁性材料層28、28を介して、TaやCrなどで形成された電極層51、51が形成されている。また前記電極層51、51は、図4に示すように多層膜48の上面にまで延びて形成されている。

【0099】本発明では、ハードバイアス層49と電極層51との間に高抵抗材料あるいは絶縁材料の中間層50を介在させることで、前記ハードバイアス層49へのセンス電流の分流を抑制でき、しかも前記電極層51を多層膜48の上面にまで延ばして形成したことで、前記電極層51から多層膜48へ直接的にセンス電流を流すことができ、再生感度を上げ、再生出力を向上させることが可能となっている。

【0100】また本発明では、前記中間層50の存在により、多層膜48に対する電極層51の接触厚さh3を薄くしても、有効に前記電極層51から多層膜48へハードバイアス層49を介さずに、センス電流を流すことができるので、前記電極層51上面と多層膜48上面間の段差を小さくでき、従って前記電極層51上から多層膜48上に形成する上部ギャップ層79のステップカバレッジを向上させて膜切れの発生無しに形成でき、充分な絶縁性を確保することが可能である。

【0101】この実施例においても、前記多層膜48の感度領域Eと不感領域Dを、マイクロトラックプロファイル法によって測定しているが、図4に示すように多層膜48の中央に位置する幅寸法T15の領域は、感度領域Eであり、その両側であって、幅寸法T14の領域は、不感領域Dである。

【0102】前記感度領域Eでは、固定磁性層42、46の磁化が、適正に図示Y方向に固定され、しかもフリー磁性層44の磁化が適正に図示X方向に揃えられてお

り、固定磁性層42、46とフリー磁性層44の磁化が直交関係にある。そして記録媒体からの外部磁界に対し、前記フリー磁性層44の磁化が感度良く変動し、この磁化方向の変動と、固定磁性層42、46の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0103】本発明では図4に示すように、多層膜48上に形成される電極層51が、不感領域D上まで幅寸法T16で延ばして形成されている。前記電極層51、51に覆われていない多層膜48の上面の幅寸法が光学的トラック幅寸法O-Twとして定義されており、上面が前記電極層51に覆われていない感度領域Eの幅寸法T15が、磁氣的トラック幅寸法M-Twとして定義されている。この実施例においては、例えば前記多層膜48上に延ばされた電極層51は、不感領域D上を完全に覆っている。この場合、光学的トラック幅O-Twと、磁氣的トラック幅寸法M-Tw（＝感度領域Eの幅寸法）はほぼ同じ幅寸法となる。

【0104】あるいは前記電極層51は完全に不感領域D上を覆っていないくてもよく、多層膜48上に延ばされた電極層51の幅寸法T15は、不感領域Dよりも短く形成されてもよい。この場合、光学的トラック幅O-Twは、磁氣的トラック幅M-Twよりも大きくなる。これにより本発明では、前記電極層51からのセンス電流を、感度領域Eに優先的に流すことができ、より再生出力を向上させることが可能である。

【0105】図5は、他の本発明における磁気抵抗効果素子をABS面側から見た断面図である。図5に示す磁気抵抗効果素子は、AMR（anisotropic magnetoresistive）素子と呼ばれるものであり、下から軟磁性層（SAL層）52、非磁性層（SHUNT層）53、磁気抵抗層（MR層）54及び保護層55の順に積層され、この積層体が多層膜61である。この多層膜61の両側には、ハードバイアス層56、56が形成されている。前記軟磁性層52には、NiFeNb合金膜、非磁性層53にはTa膜、磁気抵抗層54にはNiFe合金膜、ハードバイアス層56にはCoPt合金膜が、一般的に使用される。

【0106】前記ハードバイアス層56、56の上には、Taなどの非磁性材料層29、29を介して、例えばTaSiO<sub>2</sub>、TaSi、CrSiO<sub>2</sub>、CrSi、WSi、WSiO<sub>2</sub>、TiN、Ta<sub>2</sub>Nなどの電極層58、58の抵抗よりも高い抵抗値を有する高抵抗材料、あるいはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO、WO、AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C、SiC、SiAlONなどの絶縁材料で形成された中間層57、57が形成されており、前記中間層57、57の上に、Taなどの非磁性材料層62、62を介して、TaまたはCrなどで形成された電極層58、58が形成されている。また前記電極

層58、58は、図5に示すように多層膜61の上面にまで延びて形成されている。

【0107】このAMR素子では、ハードバイアス層56が図示X方向に磁化されており、このハードバイアス層56により磁気抵抗層54にX方向のバイアス磁界が与えられる。さらに軟磁性層52から磁気抵抗層54に図示Y方向のバイアス磁界が与えられる。磁気抵抗層54にX方向とY方向のバイアス磁界が与えられることにより、磁気抵抗層54の磁界変化に対する磁化変化が直線性を有する状態に設定される。記録媒体の走行方向はZ方向であり、記録媒体からの洩れ磁界がY方向に与えられると、磁気抵抗層54の磁化方向が変化することにより、抵抗値が変化し、これが電圧変化として検出される。

【0108】本発明では、ハードバイアス層56と電極層58との間に高抵抗材料あるいは絶縁材料の中間層57を介在させることで、前記ハードバイアス層56へのセンス電流の分流を抑制でき、しかも前記電極層58を多層膜61の上面にまで延ばして形成したことで、前記電極層58から多層膜61へ直接的にセンス電流を流すことができる。

【0109】特に本発明では、多層膜61上に接して形成された電極層58から前記多層膜61にセンス電流を流すことができるので、前記多層膜61のうち最も上側に形成されている磁気抵抗層54へ流れるセンス電流の割合を多くすることができ、従来から問題となっていた軟磁性層52へのセンス電流の分流を抑制でき、よって本発明では、従来に比べ再生感度を上げ、再生出力の向上を図ることができる。

【0110】また本発明では、前記中間層57の存在により、多層膜61に対する電極層58の接触厚さ $h_4$ を薄くしても、前記電極層58から多層膜61へハードバイアス層56を介さずに、有効にセンス電流を流すことができるので、前記電極層58の多層膜61に対する接触厚さ $h_4$ を薄くでき、よって前記電極層58上面と多層膜61上面間の段差を小さくでき、前記電極層58上から多層膜61上に形成する上部ギャップ層79のステップカバレッジを向上させて膜切れの発生無しに形成でき、充分な絶縁性を確保することが可能である。

【0111】この実施例においても、前記多層膜61の感度領域Eと不感領域Dを、マイクロトラックプロファイル法によって測定し、前記多層膜61の中央に位置する幅寸法T19の領域が感度領域Eであり、その両側に位置する幅寸法T20の領域が不感領域Dである。本発明では、図5に示すように、多層膜61上に形成される電極層58を、不感領域D上まで幅寸法T21で延ばして形成している。

【0112】前記電極層58、58に覆われていない多層膜61上面の幅寸法が光学的トラック幅寸法O-Twとして定義されており、上面が前記電極層58に覆われ

ていない感度領域Eの幅寸法T19が、磁氣的トラック幅寸法M-Twとして定義されている。この実施例においては、例えば前記多層膜61上に延ばされた電極層58は、不感領域D上を完全に覆っている。この場合、光学的トラック幅O-Twと、感度領域Eの幅寸法T19（＝磁氣的トラック幅寸法M-Tw）はほぼ同じ幅寸法となる。

【0113】あるいは前記電極層58は完全に不感領域D上を覆っていないとしてもよく、多層膜61上に延ばされた電極層58の幅寸法T21は、不感領域Dよりも短く形成されてもよい。この場合、光学的トラック幅O-Twは、磁氣的トラック幅M-Twよりも大きくなる。

【0114】本発明では、前記電極層58を多層膜61の不感領域D上まで延ばして形成したことにより、感度領域Eの磁気抵抗層54へセンス電流を優先的に流すことができ、よってさらなる再生出力の向上を図ることが可能である。

【0115】次に本発明における磁気抵抗効果素子の製造方法について図面を参照しながら説明する。まず図6に示すように、基板70上に、磁気抵抗効果素子の多層膜71を成膜する。なおこの多層膜71は、図1、2に示すシングルスピンバルブ型薄膜素子の多層膜、図4に示すデュアルスピンバルブ型薄膜素子の多層膜、あるいは図5に示すAMR素子の多層膜のいずれであってもよい。また図3に示すスピンバルブ型薄膜素子のように、反強磁性層30を図示X方向に長く形成するには、図6に示す多層膜71の側面をエッチングで削り取る段階で、反強磁性層30の側面を削り取らず残るようにエッチングレート及びエッチング時間を制御すればよい。なお前記多層膜71を、シングルスピンバルブ型薄膜素子あるいはデュアルスピンバルブ型薄膜素子の多層膜で形成する場合、前記多層膜71を構成する反強磁性層を、PtMn合金により形成することが好ましく、またはX-Mn（ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ruのいずれか1種または2種以上の元素である）あるいはPt-Mn-X'（ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Agのいずれか1種または2種以上の元素である）で形成してもよい。前記反強磁性層を上記した材質で形成する場合、固定磁性層との界面で交換結合磁界を発生させるには熱処理を施す必要がある。

【0116】そして予め、図11に示すように、多層膜の両側にはのみハードバイアス層と電極層が形成された従来型（例えば図12参照）の磁気抵抗効果素子を用い、この磁気抵抗効果素子の多層膜の上面の幅寸法Aを光学顕微鏡にて測定する。次に、前記磁気抵抗効果素子を、ある信号が記録された微小トラック上でトラック幅方向にて走査させ、再生出力を検出し、この再生出力のうち、最大出力の50%以上の再生出力を発生する上面の幅寸法がBの領域を感度領域Eと、最大出力の50%以下の再生出力を発生する上面の幅寸法がCの領域を不感領域

Dと定義する。

【0117】この測定結果に基づき、マイクロトラックプロファイル法によって予めわかっている不感領域Dの幅寸法Cを考慮しながら、多層膜71上にリフトオフ用のレジスト層72を形成する。図6に示すように、前記レジスト層72には、その下面に切り込み部72a、72aが形成されているが、この切り込み部72a、72aは、多層膜71のうち、不感領域D上に形成されるようにし、多層膜71のうち感度領域Eの上には、前記レジスト層72が完全に覆われた状態にしておく。

【0118】次に図7に示す工程では、エッチングにより多層膜71の両側を削り込み、さらに図8に示す工程では、前記多層膜71の両側にハードバイアス層73、73を成膜する。本発明では、このハードバイアス層73、73の成膜及び中間層76、電極層75の成膜の際に使用されるスパッタ法は、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、あるいはコリメーションスパッタ法のいずれか1種以上であることが好ましい。

【0119】図8に示すように本発明では、多層膜71の形成された基板70を、ハードバイアス層73の組成で形成されたターゲット74に対し垂直方向に置き、これにより例えばイオンビームスパッタ法を用いることで、前記多層膜71に対し垂直方向からハードバイアス層73を成膜することができるから、多層膜71上に形成されたレジスト層72の切り込み部72a、72a内に、ハードバイアス層73が入り込んで形成されることがない。なお図8に示すように、レジスト層72上にも前記ハードバイアス層73と同じ組成の層73aが形成される。

【0120】さらに、前記ターゲット74を、例えばTaSiO<sub>2</sub>、TaSi、CrSiO<sub>2</sub>、CrSi、WSi、WSiO<sub>2</sub>、TiN、Ta<sub>2</sub>Nなどの高抵抗材料、あるいはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO、WO、AlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>C、SiC、SiAlONなどの絶縁材料の中間層76の組成で形成されたターゲット77に代え、イオンビームスパッタ法により、前記ハードバイアス層73、73上に、中間層76、76を形成する。この中間層76も、ハードバイアス層73と同様に、多層膜71上に形成されたレジスト層72の切り込み部72a、72a内に、入り込んで形成されることがない。そして図8に示すように、レジスト層72上にも前記中間層76と同じ組成の層76aが形成される。

【0121】次に図9に示す工程では、前記多層膜71に対し斜め方向から前記中間層76上に電極層75を成膜し、この際、前記電極層75を、多層膜71上に設けられた前記レジスト層72の下面に形成された切り込み部72a内にまで成膜する。

【0122】例えば図9に示すように、多層膜71が形成された基板70に対し、電極層75の組成で形成されたターゲット78に対し基板70を斜めに傾けて回転さ

せながら、イオンビームスパッタ法により前記電極層75をハードバイアス層73上に成膜する。このとき、斜め方向からスパッタされる電極層75は、中間層76上のみならず、多層膜71の上に形成されたレジスト層72の切り込み部72a内にも侵入し成膜される。すなわち、前記切り込み部72a内に成膜された電極層75は、多層膜71の不感領域D上を覆う位置に成膜される。

【0123】そして図10に示す工程では、図9に示すレジスト層72を、レジスト剥離液を用いながらリフトオフによって除去し、これによって多層膜71のうち不感領域D上にまで電極層75が成膜された磁気抵抗効果素子が完成する。

【0124】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、ハードバイアス層と電極層との間に、前記電極層よりも高い抵抗値を有する高抵抗材料、あるいは絶縁材料で形成された中間層を設け、しかも前記電極層を、多層膜上にまで延ばして形成することにより、前記ハードバイアス層へのセンス電流の分流を抑制でき、前記電極層から多層膜へ直接的にセンス電流を流すことが可能になるから、従来よりも再生感度を上げ、再生出力を向上させることが可能である。

【0125】また本発明では、前記中間層の存在により、前記電極層の多層膜に対する接触厚さを薄くできるから、前記電極層上面と多層膜上面との間に形成される段差を小さくでき、したがって前記電極層上から多層膜上へ形成する上部ギャップ層のステップカバレッジを向上でき膜切れ無しに形成でき、十分な絶縁性を確保することが可能である。

【0126】さらに本発明では、前記多層膜上にオーバーラップさせる電極層を多層膜の両側付近に占める不感領域上にまで延ばして形成することにより、前記多層膜の中央部分に占める実質的に磁気抵抗効果を発揮し得る感度領域に優先的にセンス電流を流すことができ、従ってさらなる再生出力の向上を図ることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の磁気抵抗効果素子の構造を示す部分断面図、

【図2】本発明の第2実施形態の磁気抵抗効果素子の構造を示す部分断面図、

【図3】本発明の第3実施形態の磁気抵抗効果素子の構造を示す部分断面図、

【図4】本発明の第4実施形態の磁気抵抗効果素子の構造を示す部分断面図、

【図5】本発明の第5実施形態の磁気抵抗効果素子の構造を示す部分断面図、

【図6】本発明における磁気抵抗効果素子の製造方法を示す一工程図、

【図7】図6の工程の次に行われる一工程図、



【図8】図7の工程の次に行われる一工程図、  
 【図9】図8の工程の次に行われる一工程図、  
 【図10】図9の工程の次に行われる一工程図、  
 【図11】磁気抵抗効果素子の多層膜に占める感度領域Eと不感領域Dの測定方法を示す測定図、  
 【図12】第1の従来の磁気抵抗効果素子の構造を示す部分断面図、  
 【図13】第2の従来の磁気抵抗効果素子の構造を示す部分断面図、

【符号の説明】

20、30、41、47 反強磁性層  
 12、31、42、46 固定磁性層  
 13、32、43、45 非磁性導電層  
 14、33、44 フリー磁性層  
 16、22、35、48、61、71 多層膜

17、37、49、56、73 ハードバイアス層  
 18、39、51、58、75 電極層  
 21、38、50、57、76 中間層  
 36 金属層  
 52 軟磁性層 (SAL層)  
 53 非磁性層 (SHUNT層)  
 54 磁気抵抗層 (MR層)  
 72 リフトオフ用レジスト層  
 72a 切り込み部  
 74、77、78 ターゲット  
 D 不感領域  
 E 感度領域  
 M-Tw 磁氣的トラック幅寸法  
 O-Tw 光学的トラック幅寸法

【図1】

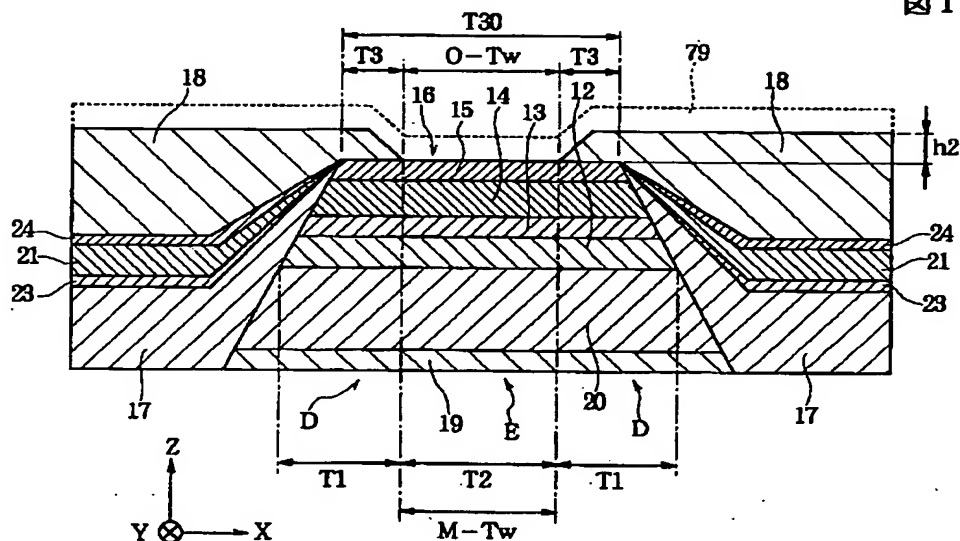


図1

【図5】

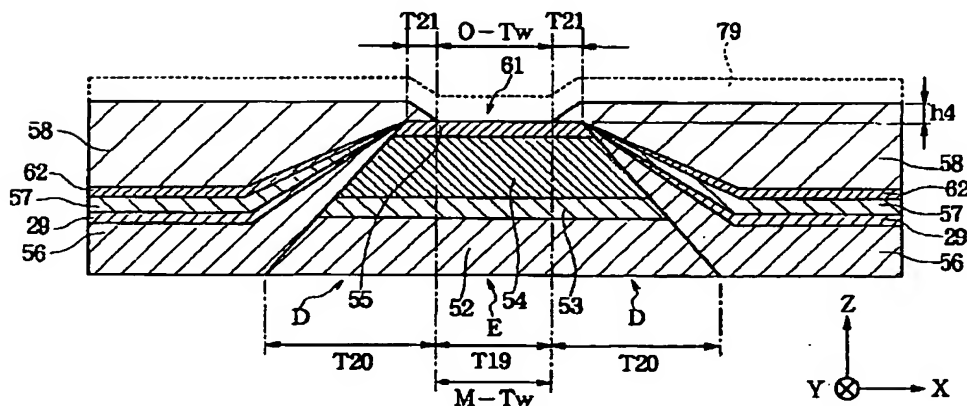
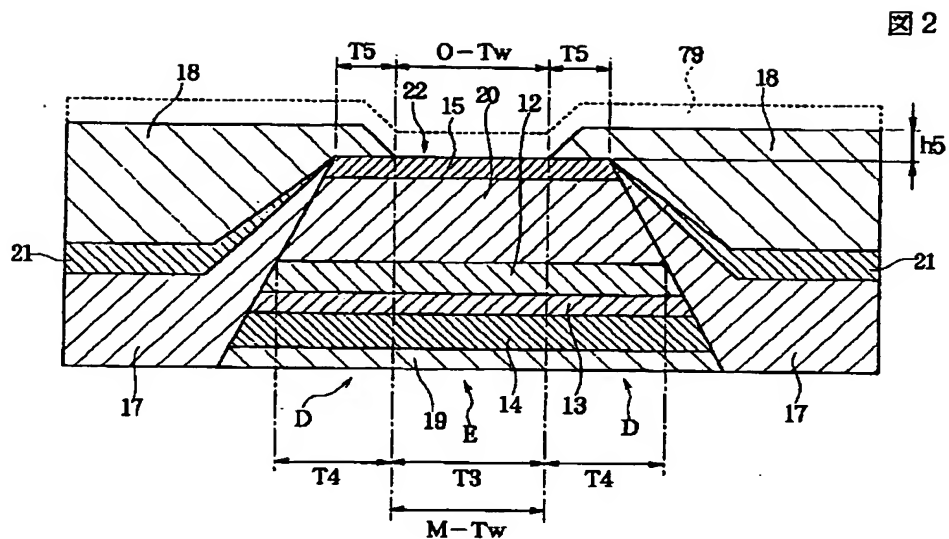
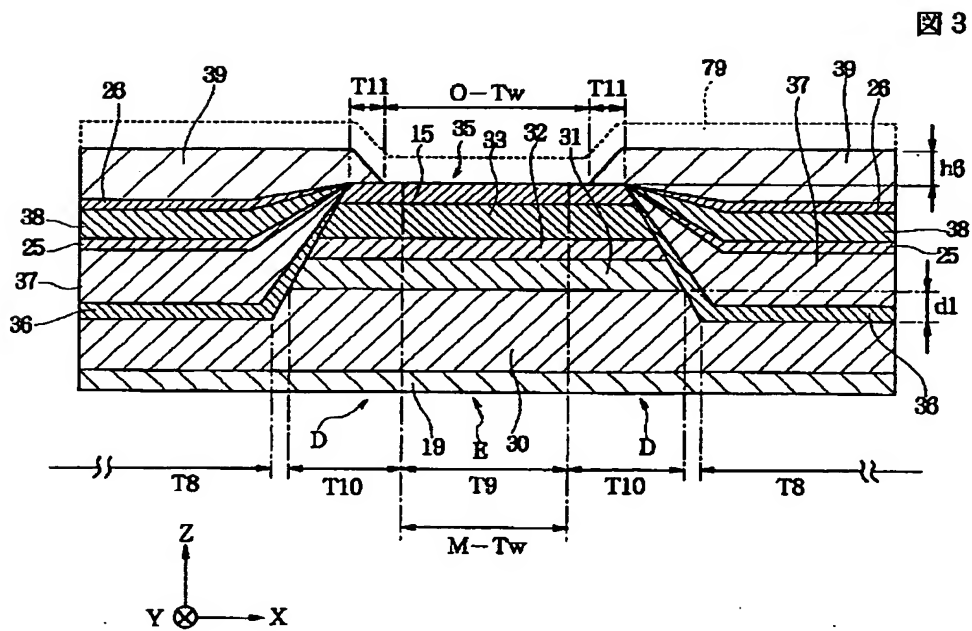


図5

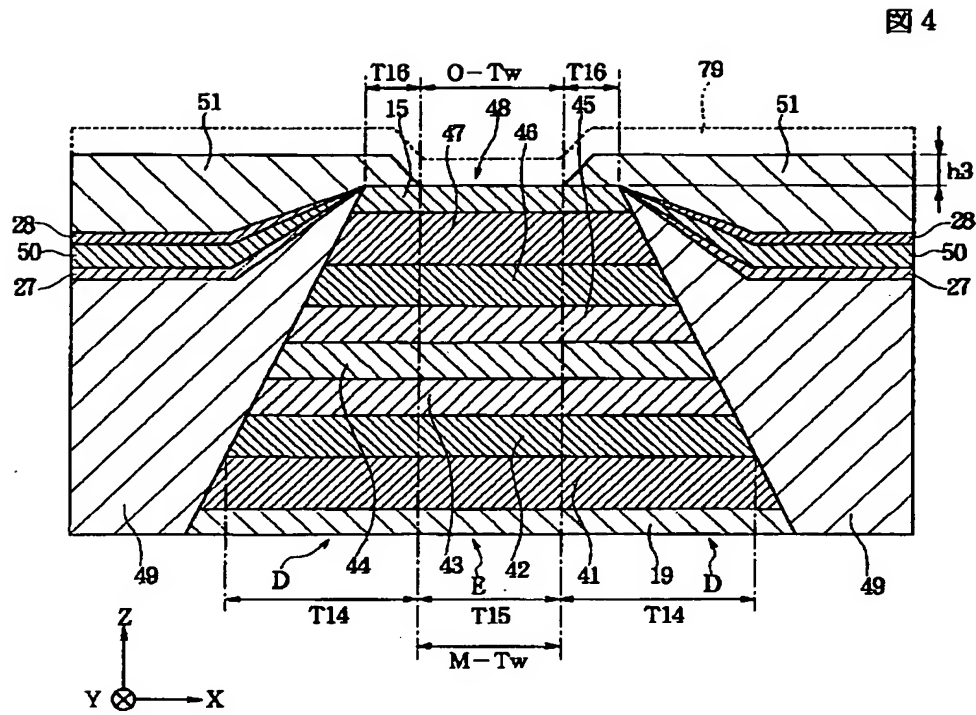
【図2】



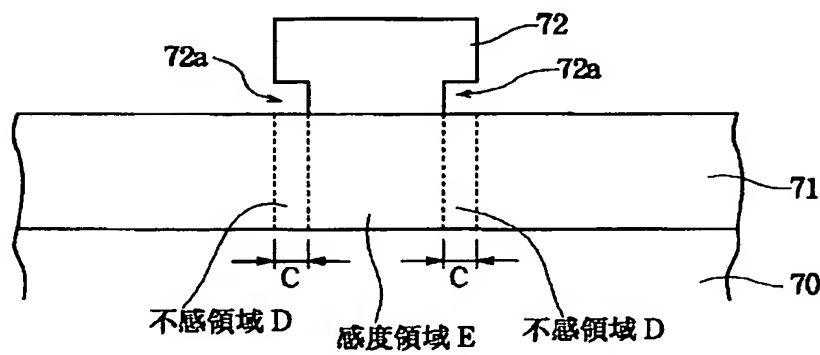
【図3】



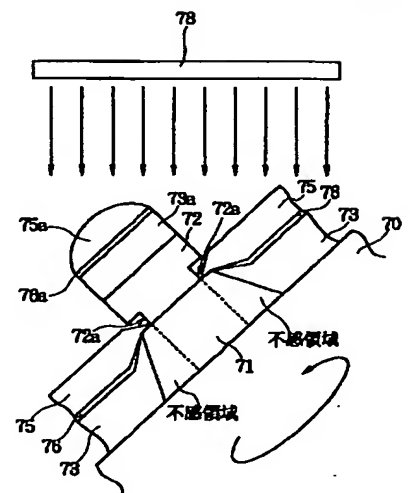
【図4】



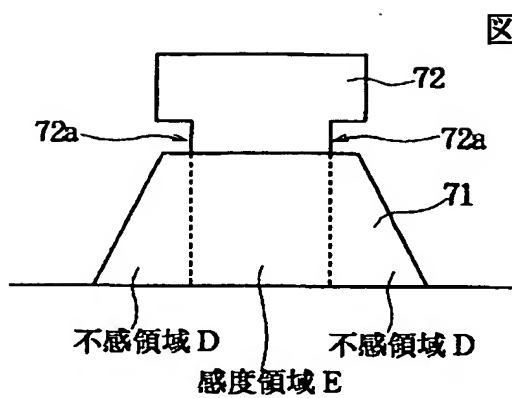
【図6】



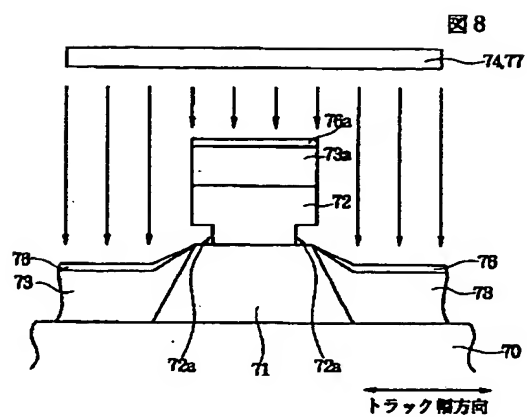
【図9】



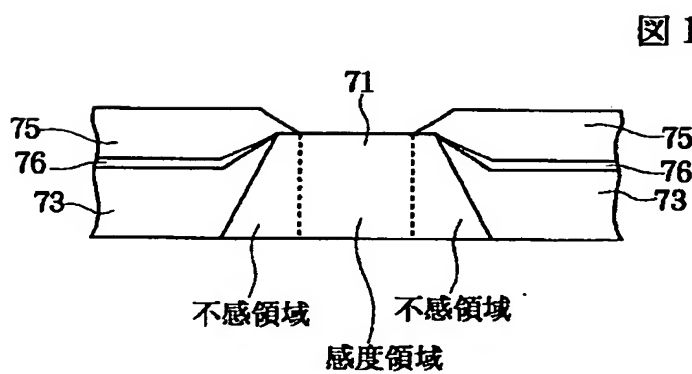
【图 7】



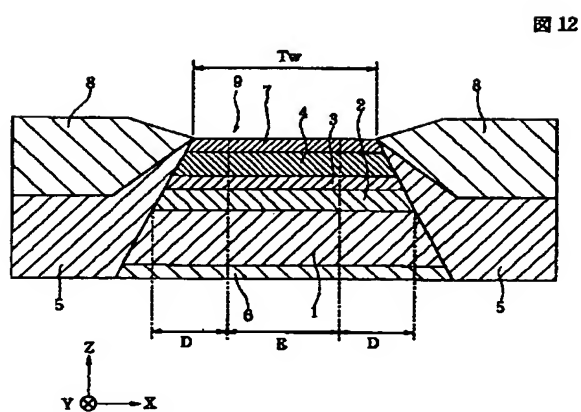
【图 8】



【図 10】

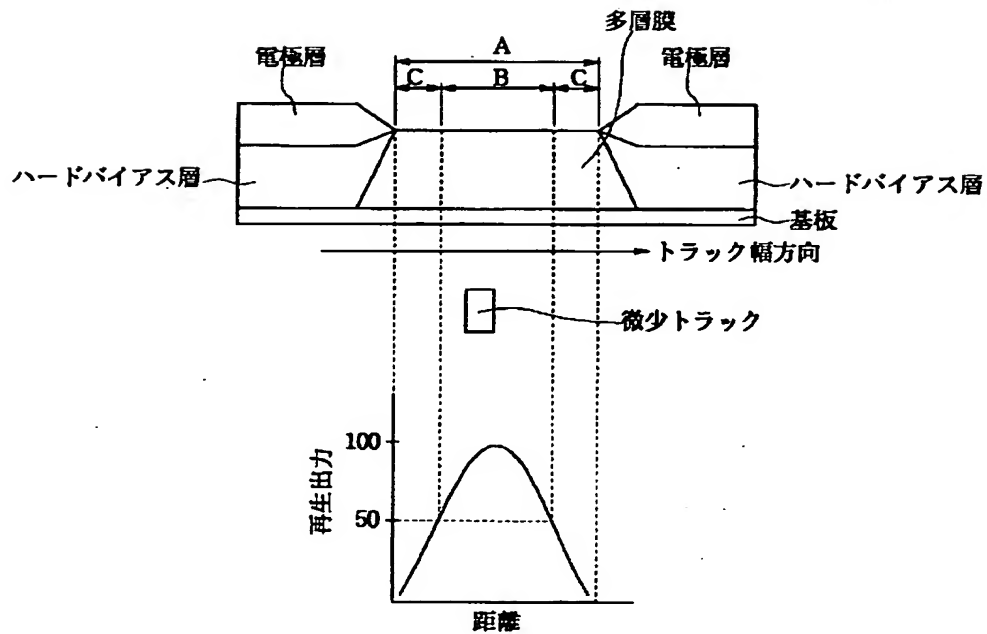


【图 12】



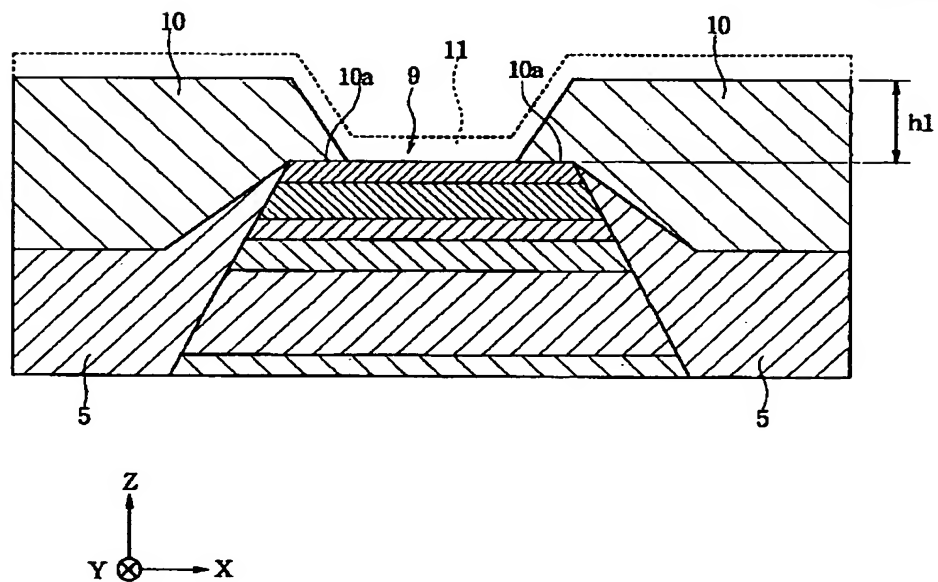
【図11】

図 11



【図13】

図 13



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**